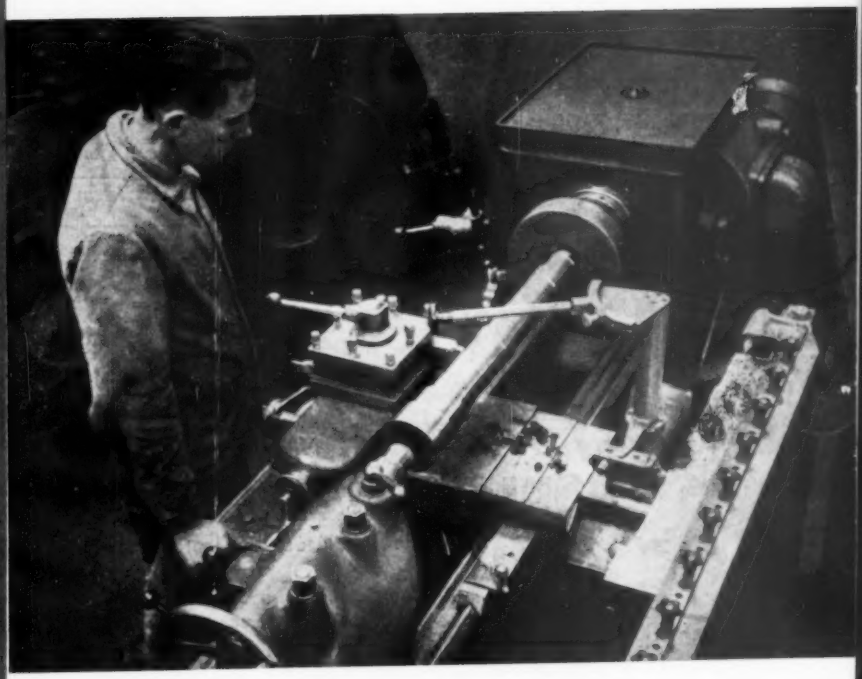
LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MÉCANIQUES



DUNOD

REVUE MENSUELLE

TOME XXXV ■ N° 4 ■ AVRIL 1952 ■ 170 F.

LES POULIES MAGIC-GRIP *prêtes à poser*

300 Combinaisons de diamètres — Toutes puissances jusqu'à 150 ch.

avec MOYEU MAGIC-GRIP Système de fixation breveté

livrées aux cotes d'alésage demandées et présentant ces AVANTAGES

- *Montage immédiat (3 vis à serrer).*
- *Serrage positif conique indéréglable.*
- *Centrage parfait.*
- *Démontage en quelques instants (2 vis arrache-moyeu).*

également en stock :

POULIES *STANDARD usinées*

livrées alésées aux cotes ou avec avant-trou en tous diamètres standard

Cette nouvelle technique permet

L'équipement de vos machines en Transmissions par Courroies Trapézoïdales

Dans un délai rapide _ A des prix intéressants

Montez TEXROPE... et oubliez vos transmissions

Notice spéciale Poulies MAGIC-GRIP et STANDARD sur demande à notre Siège, dans nos Organisations Régionales et chez tous nos Distributeurs officiels.

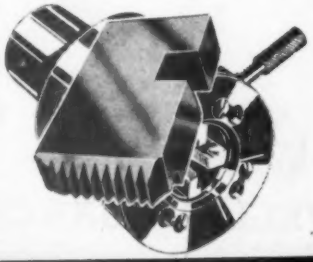
MG1

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE TRANSMISSIONS

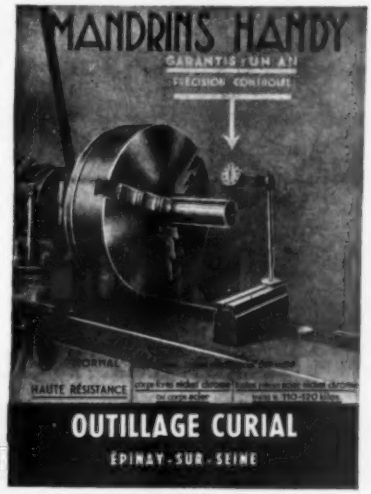
COLOMBES-TEXROPE

4, RUE DE PRESBOURG . PARIS . 16e . KLE. 16-80 & 12-44. (10 LIGNES)

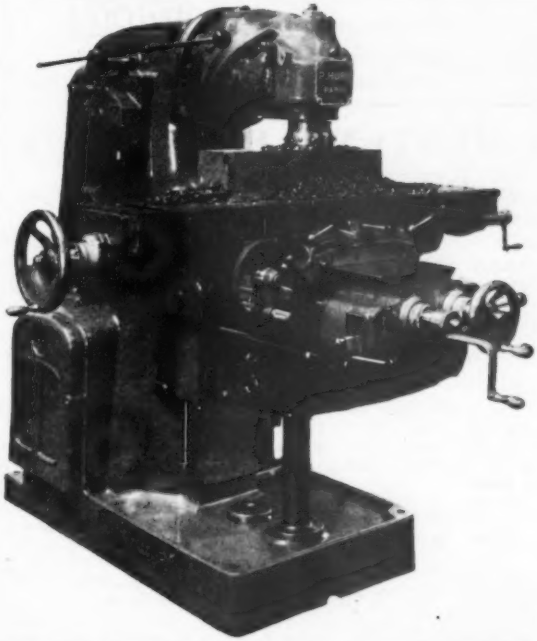
PEIGNES EN AR
Pour filières automatiques
COVENTRY, GÉOMÉTRIC,
PITTLER ET SIMILAIRES



OUTILLAGE CURIAL
ÉPINAY-SUR-SEINE



OUTILLAGE CURIAL
ÉPINAY-SUR-SEINE



P. HURÉ

FRAISEUSES UNIVERSELLES

MACHINES A AFFUTER LES FRAISES

FRAISEUSES VERTICALES

PETIT OUTILLAGE MECANICIEN

FRAISES

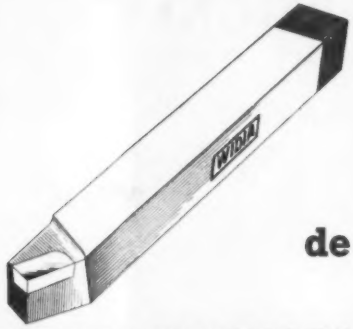
218, Rue Lafayette, PARIS NORD 30-54

POMPES DAUBRON Société Anonyme Capital: 576.000.000 fr.
57, avenue de la République, PARIS. — Tél.: Oberkampf 32-25

CENTRIFUGES et à PISTONS, tous débits, toutes élévations, tous usages
POMPES MULTICELLULAIRES hautes pressions, alimentation de chaudières, incendies etc.
POMPES POUR LIQUIDES CHARGÉS. — POMPES A ACIDES
Groupes ÉLECTRO-POMPES domestiques. — Distribution sous pression.

"Société des Produits Industriels "ALPHA"
15, Rue de l'Eglise - Puteaux LONgchamp 06-43

Machines-Outils
Outillage
Instruments de précision
Supports antivibratoires
Tous produits pour le moteur



CARBURE de TUNGSTENE

MAXIMUM de RENDEMENT

grâce aux NOUVELLES NUANCES

WIDIA

Plaquettes - Outils - Fraises - Forets - Alésoirs - Pièces d'usure - Matrices de frappe et de découpage - Outillage de Mines etc... Meules - Diamantées Superfix

SICAMETAL S. à r. l. organisme de vente de la **SOFAMET** S. A.

7, Rue de Logelbach - PARIS

Tél. CARnot 08-30 à 33

Dépositaire de la marque **WIDIA** pour la France et l'Union Française.

Licencié pour la Fabrication en FRANCE.

NOS ABONNÉS SE DOCUMENTENT ENTRE EUX

Sous cette rubrique QUESTIONS ET RÉPONSES, *nous publions les demandes de renseignements adressées par nos abonnés et les réponses à ces questions que d'autres abonnés seront en mesure de nous transmettre.*

Nous faisons appel à tous ceux de nos lecteurs susceptibles de répondre aux questions posées pour les prier de bien vouloir faire parvenir à la Rédaction de « LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MÉCANIQUES », *92, rue Bonaparte, Paris (VIe), tous documents susceptibles de rendre service aux abonnés qui ont sollicité ces renseignements. Ils assureront la continuité de cette œuvre de mutualité industrielle que constitue notre rubrique* QUESTIONS ET RÉPONSES.

Les réponses de nos abonnés qui présenteraient un caractère d'intérêt plus général seront publiées sous la rubrique RECETTES PRATIQUES DE L'ATELIER.

QUESTIONS
de nos abonnés

N° 8296. — Pourrait-on m'indiquer l'adresse de la Société d'Appareils de Transmissions, mentionnée au cours de l'article paru dans le numéro de Janvier 1952 de « La Pratique des Industries Mécaniques » sous le titre : « **Transmission hydraulique Hele Shaw S.A.T.** » ?

A. S.

N° 8297. — Quelle est l'adresse de la firme qui construit les **machines à mouler G.B.F.**, décrites dans le numéro de janvier 1952 de « La Pratique des Industries Mécaniques » ?

S. A.

N° 8298. — Pourrait-on nous aider à résoudre le problème pratique suivant :

Il s'agit d'une **opération de finition** qui suit l'emboutissage.

En effet, lorsqu'on procède à des travaux d'emboutissage courant, l'outillage est prévu pour donner entre poinçon et matrice un jeu égal à la cote d'épaisseur nominale de la tôle, plus la tolérance de laminage ; ceci donne des pièces cylindriques, par exemple, dont la génératrice n'est pas rigoureusement rectiligne pour les pièces d'épaisseur **mini.**

Aussi nous proposons-nous de procéder à l'étirage de la pièce, c'est-à-dire à une passe supplémentaire dans un outillage tel que le jeu entre poinçon et matrice soit un peu inférieur à l'épaisseur de la tôle (à la façon de l'étirage des douilles d'obus). Mais, quels sont les efforts à mettre en jeu ? Comment les calculer ? Combien de passes faut-il ?

Pour fixer les idées, la pièce à réaliser est la suivante : forme cylindrique à fond plat, épaisseur 10 mm, diamètre extérieur 570, hauteur 140, matière acier doux.

A. O.

N° 8299. — Pourrait-on nous indiquer des adresses de constructeurs français :

1° Des **têtes de fraiseuses verticales ?**

2° Des **têtes de fraiseuses birotatives ?**

R.

N° 8300. — Pourrait-on nous indiquer des ouvrages ou articles traitant du calcul des **machines à centrer à rouleaux ?**

I. N.

N° 8302. — Nous possédons un **tour Oliver** ; le jeu de pignons de la lyre commandant la boîte de filetage est incomplet. Nous désirons connaître la maison susceptible de nous le fournir, ou de nous donner les renseignements nous permettant de le reconstituer ?

B. I.

N° 8302. — Pourrait-on nous indiquer un fournisseur **de cuves pour dégraissage de pièces métalliques** à l'essence avec fond d'eau pour décantation ?

M. G.

N° 8303. — Pourrait-on nous communiquer l'adresse du fabricant de la **machine à rectifier Lizzini**, décrite dans le numéro de Février 1952 de « La Pratique des Industries Mécaniques » ?

C. P.

(Voir la suite page IV)

GRAFFENSTADEN

ALÉSEUSES - FRAISEUSES A MONTANT FIXE

MODÈLE AF. 071
DIAMÈTRE DE BROCHE 70

MODÈLE AF. 091
DIAMÈTRE DE BROCHE 90

AUTRES FABRICATIONS

- Fraiseuses à console, Horizontales, Verticales, Universelles
- Fraiseuses verticales à table à hauteur fixe
- Aléseuses-fraiseuses à montant mobile
- Aléseuses-fraiseuses à banc en croix
- Fraiseuses multiples genre raboteuses
- Raboteuses
- Tours verticaux à un montant
- Tours verticaux à deux montants
- Perceuses-Aléseuses verticales
- Perceuses radiales de mécanique
- Machines spéciales pour la construction du matériel ferroviaire

SOCIÉTÉ ALSACIENNE
DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES
Usine de GRAFFENSTADEN (Bas-Rhin)
MAISON A PARIS (8e) : 32, Rue de Lisbonne - Téléphone : LABorde 87-30
Catalogues sur demande adressée à l'Usine ou à la maison de Paris

ASTRA
ASTRA "g" pour percage en grande série, des aciers jusqu'à 110 kg.
ASTRA "RECORD" pour aciers au dessus de 110 kg.
ASTRA "t" pour métaux moyennables
ASTRA "gr" pour métaux réfractaires
Tous FORETS pour métaux lourds, alliages, matières plastiques, et FORETS TROUS d'HUILE percés dans la masse.
L'OUTILLAGE DE CLASSE INTERNATIONALE
ASTRA Spécial
ÉTS FLORIMOND ET CHABARDÈS, 58-60, R. DENIS-PAPIN - PANTIN (Seine) - BOT. 4-10.60
SOCIÉTÉ A RESPONSABILITÉ LIMITÉE AU CAPITAL DE 40.000.000 FRANCS
Gad-4

INGÉNIEURS, DESSINATEURS, ÉLÈVES
des Ecoles Professionnelles !!!
Economisez du temps et de l'argent
Achetez un
"HACHURATOR NK"
Ce petit appareil, simple, se transportant facilement dans la poche est indispensable sur toute table à dessin
Il réunit en un seul instrument : 1° - L'équerre à 45° 2° L'équerre à 60° 3°. Le hachurateur, toujours prêt, aucun réglage, toutes les dimensions courantes de hachures utilisées dans le dessin industriel 4°. Le rapporteur d'angles, (donnant la précision d'un rapporteur de 200 mm. de diamètre. Présentation nouvelle, gravures de précision positionnées par rapport aux arêtes de tracé) 5° Le dispositif de pointage (procédé nouveau, permettant le pointage, le contrôle et la mesure des longueurs au 1/10me de mm., sur tracé quelconque).
Le "HACHURATOR NK" est le seul appareil connu à ce jour permettant des mesures et des tracés de précision et réunissant autant d'avantages, pour un aussi bas prix.
LIVRAISON IMMÉDIATE. Notice L. P. 42, de l'appareil contre enveloppe timbrée
Envoi franco en France, contre Frs 2410, en mandat postal, aux :
Ets MENANT 17, r. des Bourguignons à BOIS-COLOMBES, Seine
Démonstration même adresse, à 2 min. de la Gare, ou Autobus 178
Tél. : CHA. 11-42
Également en vente dans les maisons spécialisées d'articles de dessin.

RÉPONSES de nos abonnés

N° 8236. — Voici quelques adresses de fabricants de **pompes** à engrenages pour pressions comprises entre 50 et 100 kg/cm² :

Sté Générale Industrielle de Mécanique Appliquée (S.i.g.m.a.) Siège social : 61, avenue Fr.-D.-Roosevelt, Paris (8e).

Ets Johannès Frères, 48, rue de l'Hermet, Saint-Ouen (Seine).

Sté de Construction de Machines-Outils de Précision, 92, rue Denfert-Rochereau, Boulogne-Billancourt (Seine).

Sté d'Applications Hydrauliques et Electriques, 4, rue Jean-Jaurès, Puteaux (Seine).

V. P.

N° 8259. — En ce qui concerne la **vérification des joints dans les coffrets antidéflagrants**, vous pourriez peut-être vous adresser utilement au Bureau Technique J.-P. Bettens Ch. de Rosemont, à Morges (Suisse).

N° 8283. — La question du **taillage des engrenages hélicoïdaux** sur la machine Farvel est traitée dans l'ouvrage de Macabrey intitulé : « Formulaire des Engrenages ». (Dunod, Editeur).

M. Macabrey se tient d'ailleurs à votre disposition pour vous donner tous les renseignements complémentaires que vous pourriez désirer. Vous pourriez lui écrire à l'adresse suivante : 29 bis, avenue de Rueil, à Nanterre (Seine).

M.

N° 8286. — **L'appareil enregistreur automatique de gaz carbonique** Mathieu, type J.M.2 NCH, décrit dans le numéro de Décembre 1951 de la revue « La Technique Moderne » est construit par la firme suivante : Etablissements J. Mathieu, 79, rue Mattéotti, Lille (Nord).

M. B.

N° 8287. — Vous pouvez obtenir toutes indications concernant le « **Photo-Elasticimètre Mesnager-Kammerer** », décrit au cours de l'article intitulé « Les Instruments d'Optique dans les Laboratoires Industriels » publié dans la livraison d'octobre 1951 de la revue « La Technique Moderne », en vous adressant aux Etablissements Jobin et Yvon, 28, rue Berthollet, à Arcueil (Seine).

M.

(Voir la suite page VI)

Robuste et sans vibrations
MACHINES A SCIER
LES MÉTAUX
A SCIE A RUBAN
S 320 — A 3 VITESSES
S 322 — A 6 VITESSES (TOUS MÉTAUX)
POUR POINÇONS ET MATRICES D'OUTILS A DÉCOUPER CAMES, CALIBRES, ETC.
MACHINES A LIMER A MOUVEMENT ALTERNATIF
ML3
LIMES ET SCIES EN MAGASIN
MACHINES A SCIER A LIMER ET POLIR A RUBAN A VITESSE VARIABLE SANS ÉTAGE
S 324 S 450 S 700
POUR TOUTES MATIÈRES EN PLAQUES
S 322
Ets E. GUINOT
34 SQUARE CLIGNANCOURT PARIS (18e) TÉL. : MON 69-50

MACHINES-OUTILS
OUTILLAGE
S. T. E. I. AGENCE GÉNÉRALE
4, Rue Michel-de-Bourges PARIS 20e
Téléph. : MÉNilmontant 61-49

RÉPUTATION INCONTESTÉE !.

LA MARQUE DU PROGRÈS

OP320

TOUR D'USINAGE RAPIDE PAR COPIAGE

Diamètre admis au-dessus du banc : 345 mm.
Diamètre admis au-dessus des chariots 145 mm.
Entrepointes : 0,400 - 0,700 - 1 m.

•

PUISSANCE
RIGIDITÉ
MANIABILITÉ
PRÉCISION

•

DOCUMENTATION SUR DEMANDE

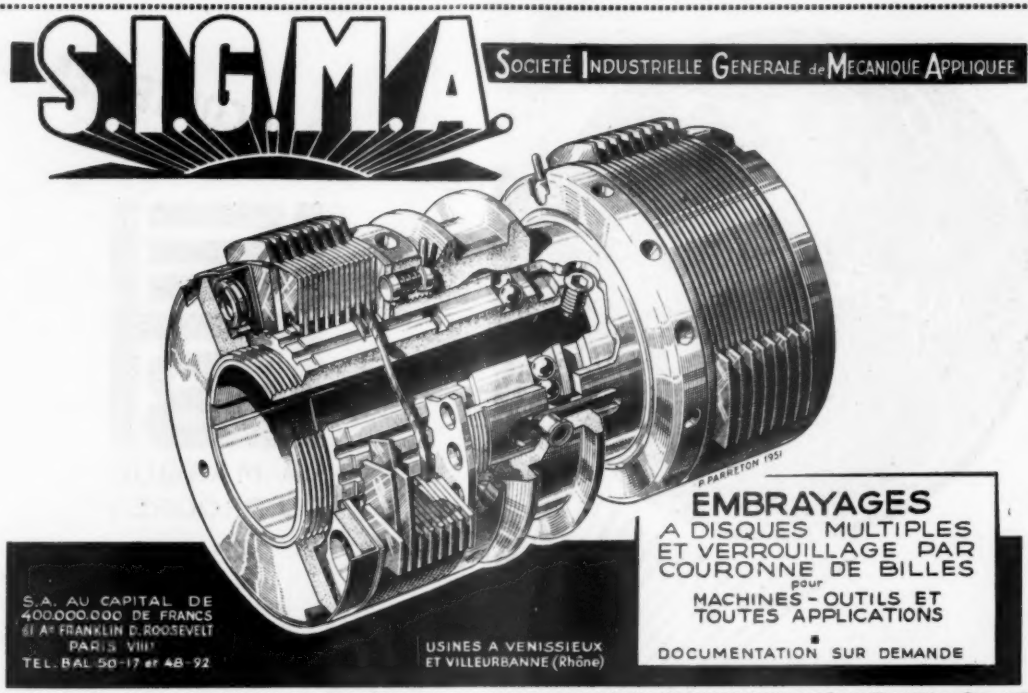
H. ERNAULT-BATIGNOLLES

DÉPARTEMENT MACHINES-OUTILS DE LA C. G. C. L.

169, RUE D'ALÉSIA - PARIS-14E — TÉLÉPHONE : LECOURBE + 61-50

USINES : PARIS. CHOLET. NANTES — EXPOSITION A NOTRE USINE DE PARIS

PUBLICITÉ S.O.P.



Réponses de nos abonnés *(suite)*

N° 8288. — Voici quelques adresses de firmes fabriquant des **moteurs Diesel de plus de 2000 ch,** auxquelle nous pensons que vous pourriez vous adresser :

Sté Sulzer, 19, rue Cognacq-Jay, Paris

Ets Schneider et Cie, 42, rue d'Anjou, Paris (8e).

Cie des Moteurs Multiplex, 66, rue Pierre-Charron, Paris (8e).

Ets J. Rouot, 3, rue d'Edimbourg, Paris.

Ets Testuz, 30, avenue de Messine, Paris (8e).

Sté Française de Moteurs Diésel, 50, Rue de Châteaudun, Paris.

Sté Générale de Constructions Mécaniques, 24, rue de la Gare, La Courneuve (Seine).

En ce qui concerne les vilebrequins usinés pour des moteurs aussi puissants, peut-être pourriez-vous vous adresser aux Etablissements Corre et Dubois (68, rue de l'Eglise, à Paris (15e). Toutefois, nous ne pouvons vous assurer qu'ils s'intéresseraient à des puissances aussi élevées.

M. B.

N° 8289. — **« L'Elévateur monte-charge Antony-Hoist »,** décrit dans la livraison de novembre 1951 de « La Technique Moderne » (page 510) est représenté en France par la firme suivante :

S.t.i.m.e., 23, rue Boissière, Paris.

R. B.

N° 8290. — Voici l'adresse de la firme : Les Constructions Mécaniques de Chambly : 35, avenue Simon-Bolivar, Paris (19e).

B.

Voici quelques adresses de firmes spécialisées dans la fourniture **d'outillage pour poinçonnage et découpage à la presse :**

Ets Arnoult, 76, rue du Surmelin, **Paris (20e).**

Ets Jeanneret Frères, 16 bis, rue Soleillet, **Paris (20e).**

Ets Lebrun, 154, rue Oberkampf, **Paris (11e).**

Ets Levassort, 44, rue Ramus, **Paris (20e).**

Ets Liska, 15, rue de la Cerisaie, **Colombes** (Seine).

Ets Mijoule et Giraud, 48, rue Saint-Sébastien, **Paris.**

Ets Olive, 29, rue des Orteaux, **Paris.**

Ets Pasdeloup et Nodin, 10, rue Rivay, **Levallois-Perret** (Seine).

Ets Saguet ,18, rue de Ménilmontant, **Paris (20e).**

Sté Radiomécanique, 10 à 18, rue des Terres-au-Curé, **Paris.**

S.O.P.E.M., 80, rue Villiers-de-L'Isle-Adam, **Paris.**

S. D.

N° 8292. — Je ne connais pas de documentation française spéciale sur les **lames flottantes pour finition des alésages** Dans la littérature allemande, je recommanderais les :

Weskstattbücher Verlag Julius Springer, Berlin, 16 tes. Heft. Senken und Reiben.

En résumé, une lame flottante remplace à peu près partout un alésoir flottant, coûte moins cher, ne se coince pas et est souvent plus maniable, notamment dans les trous longs. Une lame flottante est en fait un alésoir flottant à deux dents.

Comme lui elle est apprêtée en deux fois : Rectification circulaire sur une rectifieuse extérieure ordinaire ; amincissement des timons cylindriques à une valeur de 0,2 à 0,4 mm.

Le profil de la lame flottante est composé d'une entrée conique de 3 à 4°, d'une partie cylindrique de 0,5 à 1 fois le diamètre et d'une sortie conique à peu près comme l'entrée.

La lame flottante ne peut être utilisée qu'avec un arrosage abondant d'huile soluble avec eau pour l'acier et la fonte, ou d'huile de coupe pour l'acier.

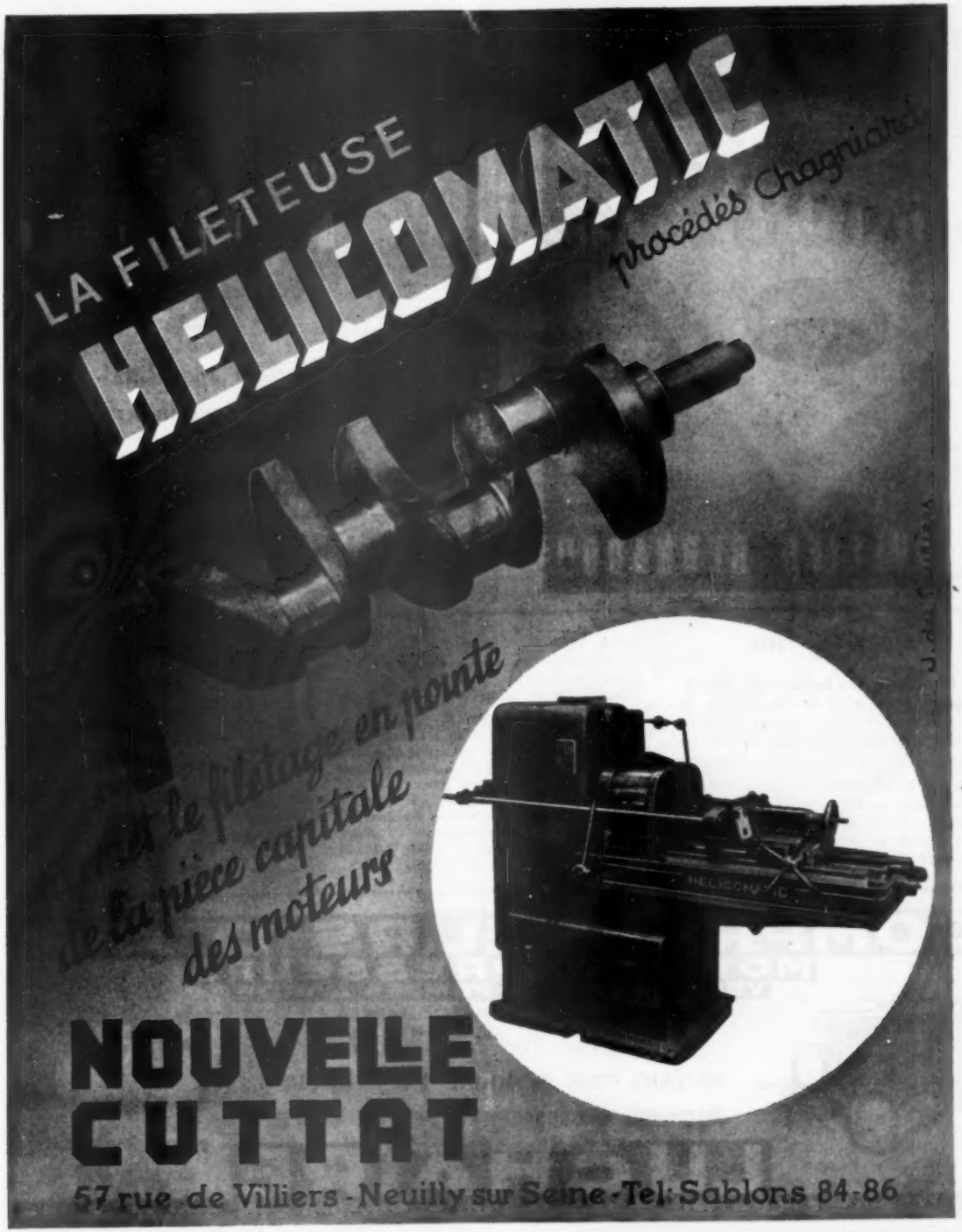
La surépaisseur à enlever ne doit pas dépasser 0,05 mm au rayon si l'on veut un alésage propre sans rayures.

La tolérance obtenue sur le diamètre de l'alésage est de l'ordre de H 7 ou H 8 dans les meilleures conditions, et après mise au point sur la machine, mais la même lame peut donner sur 30 mm de diamètre par exemple, des écarts de l'ordre de 0,05 mm, suivant la matière à travailler, l'avance ou le liquide d'arrosage.

La lame flattante fine, monobloc, est d'un usage peu économique, car dès qu'elle est usée d'un centième, elle ne peut plus servir. Nous recommandons les lames flottantes expansibles, telles que les pratiques David Brown (Importateur A Herbert). — On peut les ajuster suivant la matière à travailler.

Avec les lames flottantes, on tourne lentement, à peu près de 2 à 5 mm/minute pour de l'acier demi-dur, et on donne une forte avance, 1 à 3 mm par tour.

J. P.


LA FILETEUSE
HELICOMATIC
procédés Chagniot
rend le filetage en pointe
de la pièce capitale
des moteurs
HELICOMATIC
NOUVELLE
CUTTAT
57 rue de Villiers - Neuilly sur Seine - Tel: Sablons 84-86

4 ET 6, RUE EUGÈNE-JUMIN. - PARIS-19e - TÉL. BOT. 67-07

perceuses

PERCEUSES SENSITIVES DE 15 à 32 m/m
PERCEUSES À DESCENTE AUTOMATIQUE DE 22 À 48 m/m
PERCEUSES MULTI-BROCHE DE 2 À 6 BROCHES TOUTES CAPACITÉS
TÊTES DE PERÇAGE MULTIPLES
UNITÉ DE PERÇAGE
MACHINES À PERCER SPÉCIALES POUR TRAVAUX DE GRANDE SÉRIE
ÉTUDES ET RÉALISATION DE TOUTES MACHINES-OUTILS
MACHINES SPÉCIALES

OCERP

CULLIER BERNADOU

SOMER
LYON
Société Mécanique et Electrique du Rhône
25 à 31, quai Perrache - LYON - Tél. { Franklin 45-88 / Gailleton 91-87

TRIPHASÉS

MONOPHASÉS

Constructeur spécialiste
du moteur électrique industriel
de
faible puissance

MOTEURS ÉLECTRIQUES

BIBLIOGRAPHIE

La Pratique des Industries Mécaniques *se tient à la disposition de ses abonnés et de ses lecteurs pour les documenter gracieusement sur tous les ouvrages et publications techniques.*

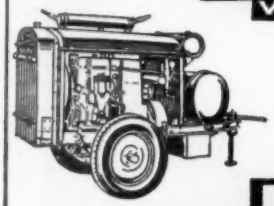
Défauts de fonderie, par F. Boussard, Ingénieur chef de division à la Compagnie générale de conduites d'eau, Président de la Commission technique de fonderie de Belgique. Préface de A. Portevin, Membre de l'Institut. Un volume de 424 pages (16×25), avec 139 figures et de nombreux tableaux. Prix : 2.700 fr. Dunod, édit.

Le problème des défauts de fonderie est difficile à étudier. Il nécessite la connaissance de la science des alliages et des phénomènes de fonderie avec une technique qui ne s'acquiert que par une pratique prolongée, intelligente et avertie. D'ailleurs, les praticiens sont en général assez jaloux de cette expérience constituant pour eux un capital acquis grâce à beaucoup de travail et de temps.

M. Boussard, qui a profité de l'enseignement de l'Ecole Supérieure de Fonderie et qui a enrichi ensuite ses connaissances par une longue pratique effective, présente le fruit de son expérience en un exposé dont il faut lui être reconnaissant, car il est appelé à rendre aux techniciens de l'atelier les plus grands services puisque l'auteur, par sa formation et sa pratique, a su rendre accessibles ces questions en se faisant particulièrement très bien comprendre d'eux.

(Voir la suite page X)

COMPRESSEURS D'AIR
MOTO-COMPRESSEURS
VENTILATEURS - POMPES A VIDE



POMPE A AIR COMPRIMÉ " MARKSA "
POUR ÉPUISEMENT D'EAU EN GALERIES
RELÈVEMENT DES EAUX D'EXHAURE

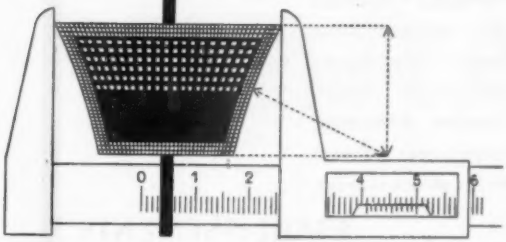
MATÉRIEL POUR PEINTURE PNEUMATIQUE

MACHINES A DÉCAPER AU JET DE SABLE

POMPE "MARKSA"

ETABLISSEMENTS
LUCHAIRE
S.A.CAP. 160.384.000 frs - 18Q, Bd HAUSSMANN - PARIS VIIIème - TÉL.: WAGRAM 63-44

HAUTE PRÉCISION

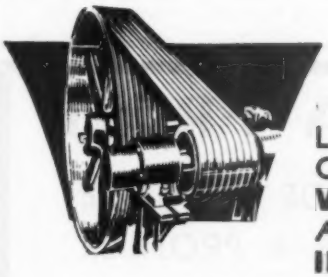


Il faut avoir vu une courroie NERVUS-CIGO pour savoir ce qu'est une courroie de précision. Ces cordes fines et comprimées, rangées avec soin et séparées par la gomme pure qui les enrobe — ces toiles taillées en biais, cet aspect "fini" indiquent d'emblée un article de haute qualité.

Mais mesurez-la : vous serez étonné par l'exiguïté des tolérances, la perfection du profil, la constance des caractéristiques. NERVUS-CIGO est une courroie de précision.

Pourquoi cette précision ? Parce qu'une courroie trapézoïdale ne souffre pas la médiocrité. Le meilleur est tout juste assez bon.

Vous la voyez...
...vous l'achetez



LA COURROIE **VERTE** A FLANCS **INCURVÉS**

CI-GO NERVUS

33, rue Fortuny, PARIS-17e - Carnot 81-73
2, Montée St-Clair-Duport, LYON - Franklin 43-80
2, rue Kléber, MARSEILLE - National 60-61
MONTBRON (Charente) - Tél. : N° 60

CRESPIN

80

POUR TOUS MÉTAUX, DES ACIERS DURS AUX ALLIAGES LÉGERS

Ets NOSEDA-CALMELS

S. A. AU CAPITAL DE 50.000.000 DE FRANCS
Prés. Dir. Gén. : J. **NOSEDA**, Ing. A. & M.
40, BOULEVARD DE LA RÉPUBLIQUE - LA GARENNE
Téléphone : CHArlebourg 36-83

OCERP

Réalisez vos gravures sur place... quel temps gagné et quelle économie.

On grave de la même façon que l'on écrit.

SCRIPTA donne instantanément une gravure nette sur tous matériaux : laiton, duralumin, plastiques, etc.

Aucun apprentissage ... grâce au pantographe réglable il est possible d'obtenir des hauteurs de 1/2 mm. à 50 mm.

DEMANDEZ NOTRE NOTICE N° 5

Ets. E. WAYOLLE - 11, Rue Louis-François - Paris-13e
Tél. : FOR. 73-63

+ de pièces entre affûtage
+ longue vie à vos fraises

Les nouveaux procédés que nous appliquons aux traitements thermiques assurent à nos fraises le maximum d'efficacité de coupe que peuvent donner les aciers rapides.

ÉTABLISSEMENTS
LIVET
ET SES FILS
S. A. R. L. AU CAPITAL DE 25.000.000 FR.

30 A 38, RUE RAMUS, 30 A 38 - PARIS XXe
TÉLÉPHONE : ROQUETTE 70-14 LIGNES GROUPÉES

FRAISES ET OUTILLAGE EN ACIER RAPIDE

Bibliographie *(suite)*

Aluminium in the chemical and food industries. Un volume, 150 pages, 46 tableaux, nombreuses figures. Editeur : The British Aluminium Company, London (1951).

Ouvrage publié pour remplacer celui qui avait été édité en 1936 sous les auspices du *Bureau International de l'Aluminium*. La première partie du livre est un rappel des caractéristiques générales de l'aluminium et de ses alliages. Propriétés physiques et chimiques, caractéristiques mécaniques. Choix du métal ou de l'alliage en vue de son utilisation dans les industries chimiques et alimentaires.

La seconde partie décrit en détail l'action de différents produits sur l'aluminium et sur ses alliages ; produits inorganiques, produits organiques. Comportement des alliages légers en présence de différents produits industriels et alimentaires : boissons et aliments divers, huiles végétales et minérales, colorants, produits pharmaceutiques, textiles, etc.

La troisième partie est consacrée à la description des méthodes préconisées pour les essais de résistance à la corrosion et les essais de comportement.

LAMINOIRS A FROID

MATERIEL DE TREFILERIE
MACHINES A PROFILER

JOLIOT

10, RUE AUX OURS, 10
PARIS 3^e
USINE A MONTREUIL (Seine)

OCERP

Contre les

VIBRATIONS

utilisez la

GOUPILLE CANNELÉE L. G. C.

SÉCURITÉ ABSOLUE

même sur les vibrateurs à béton, les marteaux pneumatiques, les chars d'assaut

Elle est utilisée depuis des années dans la construction des machines-outils, automobiles, locomotives, navires, avions, etc...

Elle s'enfonce dans des trous bruts de perçage, d'où économie de main-d'œuvre et d'outillage.

Se démonte aisément au chasse-goupille.

Demandez la brochure technique n° 31 envoyée gratuitement

Marque déposée

LA GOUPILLE CANNELÉE L.G.C.

CAPITAL 10.000.000 DE FRANCS

10, RUE PERGOLÈSE - PARIS (16e) - PASSY 24-99

Diminution des temps morts
par
l'accessibilité des commandes
et la facilité de manœuvre.
Pub. J. Bozane
CAZENEUVE
TOUR
H.B
2 modèles :
H. B. — 500
H. B. — 575
CAZENEUVE
SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 86.000.000 DE FRANCS
7 RUE DES FRUITIERS - LA PLAINE-S.-DENIS (Seine) Téléphone : PLAINE 19-70

Pantograveur

SAGEM

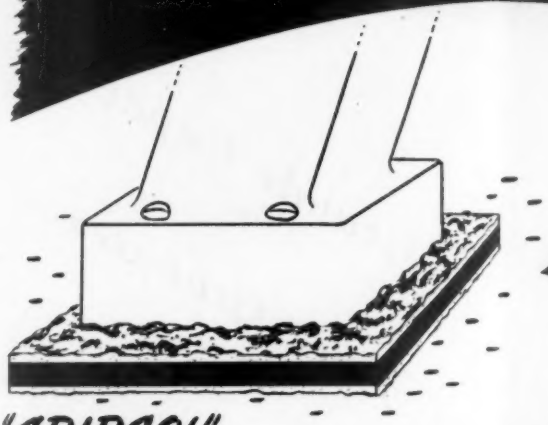
Grande Capacité
~
Fines Gravures
~

Tous les rapports de réduction
depuis 1/1 jusqu'à 1/50

SOCIÉTÉ D'APPLICATIONS GÉNÉRALES D'ÉLECTRICITÉ ET DE MÉCANIQUE
S. A. AU CAPITAL DE 600.000.000 DE FRANCS
6, Avenue d'Iéna, PARIS (16e)
Téléph. : KLÉBER 62.50 Télégr. : TÉLÉSAGEM-PARIS
USINES : ARGENTEUIL — MONTLUÇON — SAINT-ÉTIENNE-DU-ROUVRAY

CONTREXE F 1236

NE SCELLEZ PLUS VOS MACHINES ! employez "GRIPSOL"



"GRIPSOL" fixe par son seul poids et instantanément toute machine à commande individuelle. "GRIPSOL" supprime :

- ★ les scellements,
- ★ les résonnances,
- ★ la détérioration du sol des ateliers,
- ★ absorbe les vibrations,
- ★ supporte jusqu'à 25 kg au cm²,
- ★ se conserve indéfiniment,
- ★ rend de grands services pour un bas prix.

"GRIPSOL" support amortisseur idéal, se présente sous forme de plaque de caoutchouc enrobée de matière plastique spéciale composée :

- ★ **d'une âme amortissante anti-vibrante,**
- ★ **de deux couches de matière plastique adhésive,**
- ★ **de deux surfaces de contact anti-dérapantes.**

PRODUCTION DES Ets GABRIEL WATTELEZ

96, Av. Henri-Barbusse, Asnières (Seine) - Tél. : GRE. 22-41

DOCUMENTATION COMPLÈTE N° 1236 SUR DEMANDE

TOME XXXV N° 4 AVRIL 1952

LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MECANIQUES

REVUE PRATIQUE DE L'INDUSTRIEL, DU DIRECTEUR D'USINE ET DE L'INGENIEUR

Créée en 1913

RÉDACTEUR EN CHEF: GEORGES LÉVY ✻ ✠, Ingénieur des Arts et Manufactures

COMITÉ DE RÉDACTION

J. BERGÈRE, Ingénieur des Arts et Manufactures ; Chef de la section des études des engrenages à la Société Hispano-Suiza.

A. BUISSON, O. ✻ Directeur g^al de l'Enseignement Technique.

R. CAZAUD, Ingénieur C. N. A. M. ; Docteur de l'Université de Paris.

P. DUBOIS, Docteur ès-sciences chargé de cours à l'Institut de Chimie de Caen ; Directeur du Centre d'Etude des Matières plastiques.

A. DUMAS, ✻ Ingénieur des Arts et Manufactures ; Directeur g^al de l'Aluminium Français.

F. EUGÈNE, Ingénieur Principal des Fabrications d'Armement ; Chef de la Section de Mécanique Industrielle au Laboratoire Central de l'Armement.

FIEUX, O. ✻ Ingénieur des Arts et Métiers ; Ancien Président de la Société des Ingénieurs des Arts et Métiers ; Ancien Président des Ingénieurs Civils de France.

A FOUILLE, Ingénieur I. E. G. ; Licencié ès-sciences ; Professeur d'électrotechnique dans les Ecoles Nationales d'Arts et Métiers.

A. KAMMERER, Ingénieur des Arts et Manufactures ; Docteur ès-sciences ; Ingénieur aux Laboratoires de Mécanique de la S. N. C. F.

M. EDOUARD-LAMBERT, O. ✻ Président du Syndicat Général des Industries Mécaniques et Transformatrices des Métaux.

LE BREION, Ingénieur des Arts et Métiers ; Ancien Chef de Service d'Outillage ; Professeur technique des Ecoles d'Arts et Métiers.

LEROY, Ingénieur E. P. C. I. ; Directeur de l'Office central de la Soudure et Institut de Soudure.

A. LE THOMAS, O ✻ Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique ; Ancien Ingénieur du Génie Maritime ; Directeur général du Centre Technique des Industries de la Fonderie.

A. R. METRAL, O. ✻ Professeur de Mécanique au Conservatoire National des Arts et Métiers et à l'Ecole Nat. Sup. de l'Armement ; Président du Syndicat Général des Industries Mécaniques et transformatrices des Métaux.

P. MORISSET, Anc. Elève de l'Ecole Polytechnique ; Direct. du Centre d'Information du Chrome Dur.

P. NASLIN, Ingénieur Militaire de l'Armement.

P. NICOLAU, O. ✻ Ingénieur Général de 1re Classe des Fabrications d'Armement ; anc. Dir^r du Laboratoire Central et des Ecoles de l'Armement ; Directeur de l'Institut Supérieur des Matériaux et de la Construction Mécanique.

J. PETRI, Ingénieur des Arts et Manufactures ; Ingénieur à la Cie Electro-Mécanique ; Professeur au Centre d'Etudes de l'usinage et de la transformation des Métaux.

A. PLU, Ingénieur des Arts et Métiers ; Ingénieur en Chef à la S. N. C. F.

V. POMPER, Ingénieur E. P. V. ; Ingénieur-Conseil en machines-outils.

A. SOURDILLON, ✻ Ingénieur des Arts et Manufactures ; Maître de Conférences de Métallurgie et de Traitements Thermiques à l'Ecole Centrale.

PARAISSANT LE 10 DE CHAQUE MOIS

PRIX DU NUMÉRO : 170 F.

ABONNEMENTS

	6 mois	1 an
FRANCE	950 F.	1700 F.
ÉTRANGER		2200 F.

EDITEUR

DUNOD

92, rue Bonaparte Paris (6e)

TÉLÉPHONE

RÉDACTION: DANTON 06-22
ADMINISTR. : DANTON 99-15
CHÈQUES POSTAUX PARIS 75-45

Chaque demande de changement d'adresse doit être accompagnée de 30 francs en timbres poste.

PAR L'INÉGALABLE ÉLASTICITÉ
DE SES FIBRES VIVANTES

Feutrefix absorbe au maximum LES VIBRATONS ET LES CHOCS

assure la fixation de toute machine
par simple collage
rapidement, sans détérioration du sol.

Fournisseur de la S.N.C.F., de l'E.D.F.
de la SNCASE et de milliers d'usines
dans les industries les plus diverses.

PUB Y. CH. LAMBERT

REPRÉSENTANTS A:
BORDEAUX - LILLE
LYON - MONTPELLIER
MULHOUSE - PAU
REIMS - TOURS - VICHY

La Maison du Feutre

DISTRIBUTEUR EXCLUSIF
194 bis, RUE DE RIVOLI - PARIS-1er
TÉL. : RIC. 90-92 sauf samedi
Demandez la notice documentaire gratuite

DÉPOSITAIRES:
COMPTOIR DU FEUTRE
18, Bd CARNOT - LILLE
FIRMADIS
32, Bd DANTON - CASABLANCA
Ets LAFFORÊT
3, R. St-JEAN - ALGER

SPÉCIALISTE du FEUTRE INDUSTRIEL DÉCOUPÉ

ETAMIC

LICENCE MIPSA

Appareil de mesure et de contrôle automatique type A

POUR LE CONTROLE ET LA MESURE DE PIECES
POUR LE CALIBRAGE ET LE DECLENCHEMENT AUTOMATIQUE DES MACHINES-OUTILS
POUR LE CALIBRAGE ET LE TRIAGE AUTOMATIQUE

Appareil de contrôle S-2 à tolérance réglable

Appareil de calibrage et de réglage pour CENTERLESS

CARACTERISTIQUES PRINCIPALES :

Précision : un micron.
Sensibilité : 1/10e de micron.
Fidélité absolue.
Rapidité de fonctionnement (au centième de seconde).
Suppression des rebuts par le contrôle en cours d'usinage.
Robustesse.
Entretien pratiquement nul.

Appareil de calibrage et de déclenchement JAUGE pour la rectification cylindrique extérieure

ATELIERS DE NORMANDIE
12, PLACE DE LABORDE — PARIS-8

Téléphone : LAB. 77-58, 78-26

LA PRATIQUE DES INDUSTRIES MECANIQUES

T. XXXV AVRIL 1952

SOMMAIRE

Les vibrations des machines-outils, par J. Boisseau, Ingénieur du Conservatoire national des Arts et Métiers (p. 99).

Les méthodes modernes de contrôle de l'interchangeabilité dimensionnelle. Première journée d'études du groupement pour l'avancement de la mécanique industrielle. Etude critique de quelques méthodes modernes de contrôle de l'interchangeabilité dimensionnelle, par R. Cavé, Ingénieur militaire principal de l'Armement (p. 108). — Quelques exemples d'application du contrôle statistique à la fabrication des roulements à billes, par G. Claesson, Ingénieur à la S.K.F. (p. 109). — Préliminaires à l'application des cartes de contrôle statistique à l'usinage dans l'automobile, par P. Pommier, Ingénieur des Arts et Métiers, Chef du Département mécanique "4 ch" à la Régie nationale des Usines Renault (p. 111).

Les outils carbure (suite et fin), par A. Le Lan, Directeur technique du Département Machines-Outils Ernault-Batignolles (p. 113).

La vie des commandes hydrauliques (p. 120).

Utilisation de la puissance d'un moteur de machine-outil (p. 122).

Usinage : Tournage des portées de bielles de vilebrequins (p. 124) — L'usinage des aciers résistant à la corrosion (p. 125).

Les machines qu'il faut connaître : Machine à pointer Pratt & Whitney N° 4 E (p. 127).

La photographie de la couverture représente un dispositif à copier additionnel + GF + monté sur un tour à pointes.

Tous droits de reproduction, même partielle ou sous forme condensée, réservés

MACHINES-OUTILS

Les vibrations des machines-outils

L'importance des problèmes de vibrations de machines ne cesse de croître avec l'augmentation des vitesses exigées par l'évolution de l'industrie.

L'influence des vibrations se manifeste défavorablement sur l'état de surface des pièces usinées et sur les machines-outils pour en réduire le rendement et la durée.

L'étude de ces problèmes fait appel à une expérimentation sur les machines au moyen d'une métrologie particulière encore peu répandue.

Le problème des vibrations et des états de surface a fait l'objet d'expérimentations à la Section de Mécanique Industrielle du Laboratoire central de l'Armement ; *la contribution apportée par la recherche a permis de mettre en évidence le problème de la création d'une échelle de précision du travail réalisé sur les tours. M. J. Boisseau, Ingénieur du Conservatoire national des Arts et Métiers expose ici le résultat de ces travaux.*

Le plan du développement qui suit divise l'étude en un exposé sur divers appareils de métrologie des vibrations, et sur deux recherches distinctes de l'effet produit par les vibrations sur les états de surface des pièces usinées. Pour ce qui concerne l'une des recherches, les vibrations ont été engendrées sur la machine, pour l'autre, les vibrations inhérentes à la machine ont seules été considérées.

A. — OUTILLAGE DE MESURE DES VIBRATIONS

L'industrie de la machine-outil orientée vers un accroissement de précision a besoin d'un outillage d'atelier d'une sensibilité suffisante pour la mesure des amplitudes de vibrations à partir de 1 micron, par exemple.

Nous signalerons l'outillage que nous avons pu connaître ou expérimenter et contribuant à des recherches dont le processus de travail peut être divisé comme il suit :

a) Analyse sélective des composantes de la vibration,

b) Mesures de fréquence des composantes,

c) Mesures d'amplitude, de vitesse et d'accélération vibratoires,

d) Mesures de variation de phase que subit une composante au cours de sa propagation à travers les organes d'une machine.

a) Analyseurs de vibrations

Des analyseurs de construction américaine *(General Radio Co)* ou anglaise *(Dawe Instruments Ltd)* permettent le filtrage successif ou continu des composantes harmoniques ou partielles. Les relevés d'amplitude sur l'échelle d'un galvanomètre permettent de tracer le spectre de fréquence.

D'autres analyseurs mis au point plus récemment dans le *Laboratoire Acoustique du Centre National d'Etude des Télécommunications* par M. Pimonov, rendent rapide en quelques secondes la formation et l'enregistrement photographique du spectre de fréquence (5 à 50 000 Hz) sur l'écran d'un tube à rayon cathodique.

Les détecteurs de vibrations associés aux analyseurs doivent faire l'objet pour chaque analyseur d'une étude complète comprenant la courbe d'intensité de réponse du détecteur en fonction de la fréquence excitatrice.

b) Fréquencemètres

La mesure des fréquences d'une vibration mécanique d'amplitude observable à l'œil nu ou au microscope, peut être réalisée avec précision par des stromobètres étalonnés qui éclairent l'objet vibrant. Le diapason sert de base à l'étalonnage en fréquence. Pour des amplitudes pratiquement non observables, on a recours à un mécanisme à résonance ou à un dispositif électrique.

Les appareils mécaniques à résonance se composent de plusieurs lames vibrantes de longueurs variables échelonnées, ou d'une lame vibrante de longueur variable comme dans le fréquencemètre *Anson* de construction anglaise. La lame vibrante joue le rôle d'une poutre encastrée à une extrémité et dont l'encastrement serait sur la source de vibrations.

La classe des appareils électriques comprend : des fréquencemètres à détecteurs électromagnétiques suivis d'amplificateurs. Des générateurs de fréquence à lampes permettent de trouver les fréquences sur le tube d'un oscilloscope, ou sur le cadran d'un dispositif wattmètrique parcouru dans ses enroulements par les courants du générateur et de l'amplificateur.

D'autres dispositifs utilisent des montages de ponts de résonance à courant alternatif.

c) Détecteurs de vibrations

Les détecteurs de vibrations sont des corps d'épreuve de liaison entre l'objet vibrant à étudier et les appareils de mesure ; ils engendrent généralement un courant sous l'action des mouvements vibratoires. Connectés aux bornes d'oscilloscopes ils font apparaître sur le tube cathodique la vibration comprenant toutes ses composantes, et la sélection ne peut être opérée que si des analyseurs de vibrations sont interconnectés entre les oscilloscopes et les détecteurs. La détection est donc globale et peut s'appliquer soit à la recherche des mouvements vibratoires absolus d'un système soit à la recherche des mouvements vibratoires relatifs considérés entre deux parties d'un système vibrant.

Nous citerons les détecteurs applicables à l'un et l'autre cas.

Mouvements vibratoires absolus

Des appareils tenus à la main amplifient mécaniquement et enregistrent les mouvements vibratoires absolus compte tenu que la préhension directe se fait sans trépidation ; la condition est généralement facile à satisfaire.

Un des appareils est construit par la *Compagnie des Compteurs* avec une amplification de 5.

L'autre appareil, de la *Société Zivy,* permet de distinguer l'image d'une vibration de 40 microns amplifiée et tracée sur papier paraffiné ; la mesure d'amplitude est facilitée par un agrandissement optique.

Un appareil à miroir, étudié par MM. P. Fleury et E. Perrin, monté sur bâti rigide a permis de suivre des déformations avec une sensibilité de l'ordre de quelques secondes d'arc. L'appareillage se prête, ainsi que les auteurs l'ont prévu, à l'étude de petits déplacements angulaires de bâtis de machines, et à la mesure de l'amplitude de ces déplacements [1].

La *Société Genevoise d'Instruments de Physique* a réalisé un détecteur à inertie comprenant un système oscillant avec une période propre basse vis-à-vis des composantes de la vibration à étudier, et un microscope à réticule pour mesurer le déplacement maximum de la vibration.

Sur un même principe, analogue à celui des sismographes, la *Société Philips* a construit des capteurs électromagnétiques en vue de leurs applications aux recherches industrielles. Ces capteurs, associés à des quadripôles intégrateurs ou dérivateurs à résistance-capacité, fournissent une tension proportionnelle à la

(1) Voir *La Technique Moderne*, t. XXXIX, nos 11-12 (1er-15 juin 1947) p. 185.

vitesse vibratoire et, dans une certaine mesure, à l'amplitude du déplacement et à son accélération. Des courbes d'étalonnage portent le facteur de correction à faire intervenir, jusqu'à 1 000 Hz, en fonction de la fréquence excitatrice.

La *Compagnie des Compteurs* a mis au point une « vibro-sonde électrodynamique » dont les constantes de construction sont : 10 Hz de fréquence propre, 0,133 V de tension induite pour la vitesse vibratoire de 1 cm/s. Par une intégration ou une dérivation électrique suivie d'une amplification la « vibro-sonde » donne les valeurs de l'accélération ou du déplacement qui peuvent être lues sur un voltmètre électronique.

MOUVEMENTS VIBRATOIRES RELATIFS

Les appareils à amplification mécanique déjà décrits peuvent être adaptés pour des mesures de déplacements relatifs. Des capteurs Philips « magnétiques » et « électrodynamiques » ont été construits pour la détection ; le capteur électrodynamique convient aux mesures de déplacement, de vitesse, et d'accélération de vibrations relatives.

d) Phasemètres

Les variations de phases d'une composante de la vibration qui se propage dans un système vibrant paraissent avoir été peu étudiées en mécanique appliquée ; les phasemètres appropriés sont peu nombreux pour cet usage.

Un appareil de mesure de déphasage électrique a été réalisé par la *Société Alsacienne de Constructions Mécaniques* pour les tensions sinusoïdales de fréquences comprises entre 20 et 200 000 Hz. Deux détecteurs sont nécessaires, l'un est placé à une origine fixe, l'autre au point considéré pour la mesure. Les angles de déphasages introduits par les circuits électriques et par l'inertie des détecteurs doivent être déterminés en grandeur et en signe, comme termes correctifs de la différence de phase trouvée, pour en déduire la différence de phase réelle.

B. — ETUDE EXPERIMENTALE DES VIBRATIONS DE TOUR

Avant d'aborder le cas d'autres machines-outils, le tour avec ses mouvements simples a été choisi de préférence ; il se prête bien aux expérimentations et il est couramment utilisé.

Des appareils et des dispositifs ont été montés pour contrôler, mesurer, et photographier les mouvements vibratoires du tour.

Les vibrations se propagent dans le tour suivant toutes les directions, aussi l'orientation de l'axe efficace de mesure des appareils doit être précisée. Elle sera, pour l'étude expérimentale, parallèle ou perpendiculaire à la direction du banc de tour. La tourelle du chariot du tour servira de référence de position aux appareils de mesures.

L'origine des mouvements vibratoires est extérieure à la machine d'où le contrôle des vibrations adventices, ou inhérentes au tour, et les mesures précisent l'importance des mouvements, qu'il s'agisse de vibrations absolues ou relatives.

a) Vibrations adventices

Avant toute recherche particulière sur un tour, les vibrations adventices provenant des machines voisines et transmises par le sol ont été mesurées. L'amplitude maximum des vibrations adventices s'est avérée négligeable dans deux ateliers équipés de tours et de fraiseuses, vis-à-vis de l'amplitude des vibrations engendrées seules par le tour. La faible proportion des vibrations adventices permet de considérer comme valables les résultats de mesures obtenus.

b) Vibrations des tours

Le contrôle vibratoire des machines-outils en période de travail comporte :

— des mesures de vibrations absolues, qui servent à caractériser l'instabilité de la machine.

— des mesures de vibrations relatives, qui servent à caractériser l'élasticité et les jeux des organes et des mécanismes.

⁂

Les *vibrations absolues* des différents tours expérimentés ont été décelées au moyen d'un capteur à inertie monté sur la tourelle.

Des essais systématiques ont conduit à orienter l'axe efficace du capteur perpendiculairement à l'axe des pointes et dans le plan horizontal passant par la tourelle.

Les résultats d'essais comprennent :

1° La recherche de l'importance des défauts de construction et de montage.

2° La détermination des vitesses critiques.

1° RECHERCHE DE L'IMPORTANCE DES DÉFAUTS DE CONSTRUCTION ET DE MONTAGE

Les causes les plus fréquentes de fortes amplitudes de mouvements vibratoires sont des percussions d'engrènement et des déséquilibres dynamiques qui forment des interférences, et provoquent l'apparition de vitesses critiques. L'expérience indique que souvent le groupe moteur et l'ensemble broche-mandrin, sont déséquilibrés dynamiquement, ainsi que parfois les engrenages ; ils contribuent pour une large part à faire vibrer le tour, et la résultante de leurs actions qui se composent,

peut donner lieu à des interférences et à des battements par le couplage de poulies de transmission semblables et déséquilibrées. Les battements sont moins intenses quand le groupe moteur monté en bascule sur le tour est supporté par un dispositif antivibratoire dont la raideur et le degré d'amortissement sont convenablement choisis en fonction des masses et de la vitesse du moteur.

2° Détermination des vitesses critiques

Les vitesses critiques relevées sur un tour sont notées sur la courbe de la figure 1, qui exprime l'amplitude maximum de la vibration absolue de la tourelle en fonction de la vitesse angulaire ω de la broche.

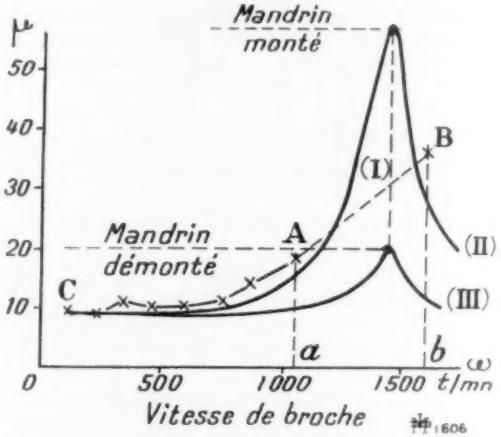


Fig. 1. — Vitesse critique d'un tour avec mandrin (courbe I), et sans mandrin (courbes II et III).

Cette courbe est continue si la vitesse elle-même peut être modifiée de façon continue. Le plus souvent les machines ne sont pas munies de variateur de vitesse, mais d'un nombre limité de combinaisons cinématiques. C'est le cas d'expérience de la courbe (I) tracée par points pour un tour de 210 de H. P. Le même tour muni d'un variateur de vitesse monté au groupe moteur a permis de tracer la courbe continue (II) avec un mandrin à trois mors vissé sur la broche, et la courbe continue (III) sans mandrin.

Les courbes (II) et (III) apportent des précisions sur la vitesse critique qui se situe entre $\omega = a$ et $\omega = b$, elles indiquent de plus l'augmentation d'amplitude due au déséquilibre du mandrin, soit 35 μ environ.

La figure 2 montre qu'une vitesse critique ω_c a été supprimée sur un autre tour de 250 de H. P. par un nivellement et un scellement de la machine.

La courbe et l'enregistrement obtenus au préalable sur le tour, alors mal calé, révèlent une amplitude nettement supérieure à la courbe et à l'enregistrement

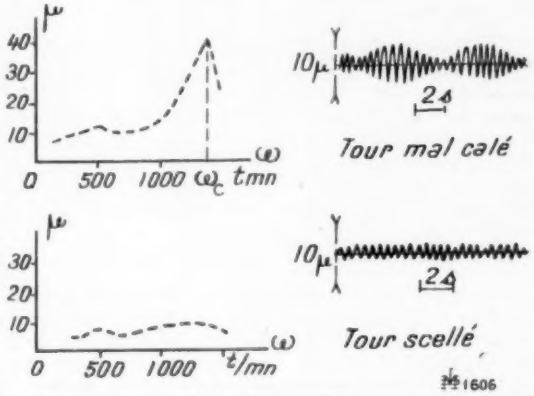


Fig. 2. — Suppression de la vitesse critique ω_c par nivellement et scellement d'un tour.

déduits de mesures sur le tour nivelé et scellé au sol de ciment. D'où l'importance du nivellement.

La figure 3, déduite d'essais répétés sur divers tours, fait ressortir une constatation générale : la position « volée » qui chevauche en vitesse sur la position « harnais » des leviers communique moins de vibrations au tour.

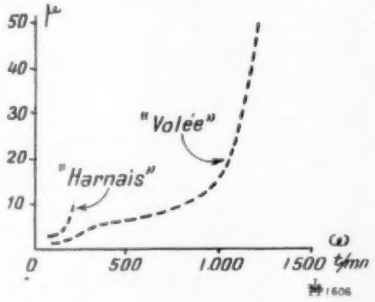


Fig. 3. — Vibrations d'un tour, au « harnais » et à la « volée ».

L'amélioration du travail à la « volée » tient à la réduction du nombre des engrenages de la chaîne cinématique ; d'ailleurs on tend de plus en plus à cette réduction.

***

Les *vibrations relatives* ont été mesurées sur des tours entre la tourelle et une pièce usinée pour caractériser la rigidité et les jeux qui contribuent aux erreurs microgéométriques d'usinage par la pénétration répétée du tranchant de l'outil dans la matière.

Pour mesurer les vibrations relatives tourelle-pièce, qui sont égales pratiquement aux vibrations outil-pièce pour le cas d'un outil rigide de forte section, il a été disposé sur la tourelle un outil et un capteur électrodynamique de façon que la distance du tranchant au galet du capteur roulant sur la pièce soit aussi réduite que possible. La figure 4 donne la disposition schématique d'essai avec cette distance égale à 20 mm :

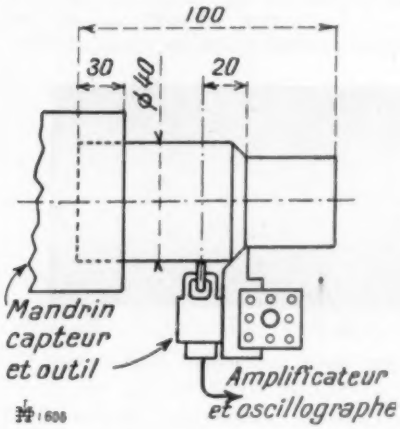


Fig. 4. — Détection des vibrations relatives outil-pièce.

le collier de serrage du capteur et l'outil sont taillés dans la masse d'acier pour former un assemblage rigide transmettant fidèlement le mouvement vibratoire de l'outil. Des pièces de 100 mm de long et de 55 mm de diamètre ont été serrées en mandrin à 3 mors sur 30 mm ; le porte-à-faux de 70 mm de la pièce permet un travail régulier à l'abri des variations incertaines de serrage d'une contre-pointe. La surface des pièces tournées avec une passe de finition à l'outil est polie à la toile afin de réduire les rugosités qui communiquent un mouvement parasite au galet du capteur.

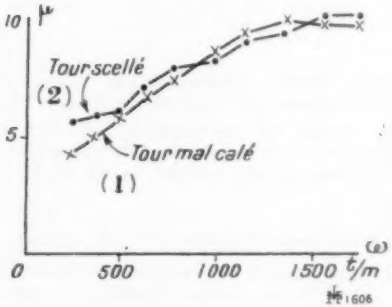


Fig. 5. — Vibrations relatives outil-pièce d'un tour mal calé (I), et du même tour scellé (II).

L'expérience conduit à admettre d'après plusieurs résultats d'essais que :

1° Le déplacement vibratoire relatif outil-pièce est fonction généralement croissante de la vitesse angulaire de la broche (fig. 5). Ce déplacement semble peu varier avec les facteurs qui conditionnent les vibrations absolues comme le nivellement ou le scellement du tour, courbes (I) et (II).

2° Les enregistrements photographiques des vibrations révèlent un déplacement périodique qui s'ajoute au déplacement vibratoire *b* et qui a pour origine vraisemblable le jeu radial de la broche, étant donné que la période du déplacement est exactement égale à la période de révolution de la broche (fig. 6).

3° Le déplacement *b* n'est pas modifié de façon appréciable par une coupe de finition (avance 0,1, profondeur 0,5) mais le déplacement périodique de la broche

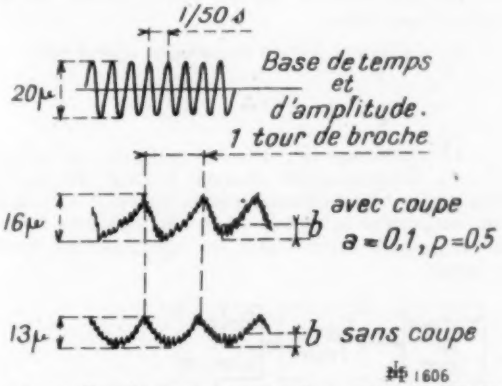


Fig. 6. — Enregistrements de vibrations relatives outil-pièce, avec coupe de finition, et sans coupe.

augmente avec la réaction de coupe de l'outil de 13 à 16 μ sur l'exemple de la figure 6 (1).

c) Vibrations forcées

Lors de l'usinage par coupe au tour, les mouvements vibratoires peuvent intéresser une gamme étendue d'amplitude et de fréquence. Leurs influences dans les cas les plus favorables peuvent ne pas apparaître à l'analyse des états de surface, tandis que dans certains cas il se forme des altérations suffisantes pour être observées à l'œil nu sous la forme de broutage, phénomène qui a fait l'objet de l'intéressante étude du Professeur R. N. Arnold *(The mechanism of tool vibration in the cutting of steel* (2).

(1) Au sujet des réactions de coupe des outils voir la communication de MM. F. Eugène et R. Dufaud, à l'Académie des Sciences (Bulletin du 4 juillet 1950).

(2) *The Inst. of Mec. Eng.*, décembre 1946.

Par la superposition de vibrations forcées, il a été possible d'élargir le champ d'étude des vibrations de tours et d'imprimer sur les pièces tournées des surfaces analogues à celles obtenues avec les conditions de coupe défavorables du broutage.

Les expériences qui sont décrites ont eu pour but d'accuser les rugosités des surfaces par un travail de tournage réalisé sur un tour vibrant au-delà de son régime normal. Les défauts ainsi accusés mettent en évidence l'importance du mode de préhension de l'outil dans la tourelle, l'utilité d'une construction rigide du traînard et du banc, ainsi que la nécessité d'une adaptation des organes avec le minimum de jeu compatible avec un travail pratique.

Les essais effectués ont permis :

1° La réalisation de surfaces analogues aux surfaces broutées irrégulières.

2° La réalisation d'états de surfaces déterminés.

⁂

1° La réalisation de surfaces analogues aux surfaces broutées irrégulières est produite à l'aide du montage représenté schématiquement par la figure 7, et comprenant notamment le moteur *M* et son « balourd » monté sur la tourelle avec l'outil et actionnant un rupteur tournant.

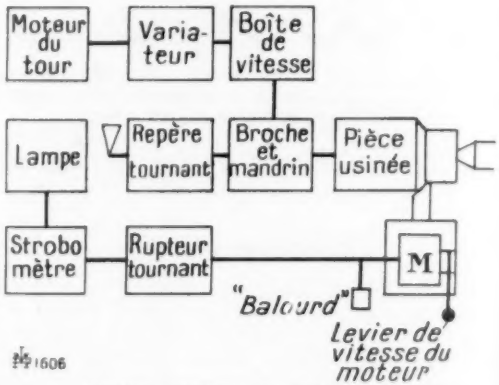


Fig. 7. — Montage réalisant des surfaces « broutées » irrégulières.

Le « balourd » engendre des vibrations circulaires dans un plan perpendiculaire à l'axe de la pièce usinée montée entre pointe et mandrin. Le rupteur tournant sert à illuminer la lampe du strobomètre à la fréquence d'un éclair par tour de broche.

La vision stroboscopique du repère tournant, éclairé par la lampe et calé sur l'axe de la broche, donne l'apparence d'une étoile immobile ou animée d'un mouvement de rotation suivant que le rapport

$$\rho = \frac{\text{vitesse du « balourd »}}{\text{vitesse de la broche}} \qquad [1]$$

est entier ou non ; ρ peut être modifié par la commande du variateur de vitesse du tour.

La figure 8 est la photographie d'une surface usinée (acier ∅ 39 mm outil R = 3 mm — vitesse 15,6 m/mn avance 0,1 mm — profondeur 0,3 mm) marquée par 33 hélices identiques, équidistantes et à pas variable.

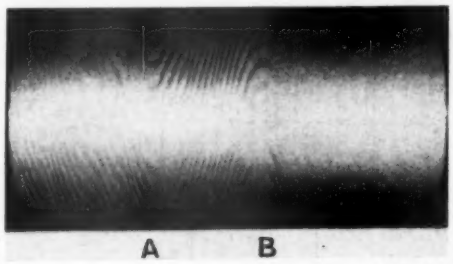


Fig. 8. — Pièce tournée avec broutage forcé irrégulier.

C'est un changement de régime du variateur de vitesse qui a modifié la partie décimale n du rapport $\rho = N + n$, dont la partie entière N est demeurée égale à 33 dans l'intervalle AB.

Aux points A et B la tangente aux hélices est parallèle à l'axe de la pièce ; donc $n = 0$, et N entier est égal à 33.

On peut montrer que pour une avance de coupe petite vis-à-vis du diamètre de la pièce, une modification de vitesse de la broche inférieure à 0,4 % pour le cas d'expérience de la figure 8 suffit à changer sensiblement l'aspect des surfaces usinées par une variation de 77° de la direction des tangentes aux hélices.

⁂

2° La réalisation d'états déterminés est basée sur la conservation du rapport ρ pendant l'usinage. Une prise de vitesse montée sur le variateur du tour entraîne sans glissement l'arbre d'un moteur transmetteur T réuni électriquement à un moteur répétiteur R de télécommande.

La figure 9 indique schématiquement le montage.

La pièce usinée est maintenue comme précédemment entre pointe et mandrin. La vitesse angulaire commune ω' du moteur T entraînant le « balourd », et du moteur R, est constante et égale à $\omega' = 1\,400$ t/mn ; la variable d'essai est la vitesse angulaire ω de la broche qui

est modifiée par les combinaisons de la chaîne cinématique du tour.

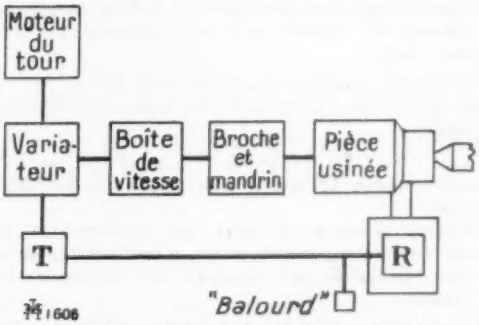


Fig. 9. — Montage réalisant des surfaces « broutées » régulières

Le rapport ω'/ω peut prendre 24 valeurs possibles comprises entre 0,9 et 180 dans l'essai considéré, ce rapport n'est autre que ρ ou $N + n$ définis précédemment.

Des portions annulaires de surfaces usinées sont représentées sur la photographie de la figure 10.

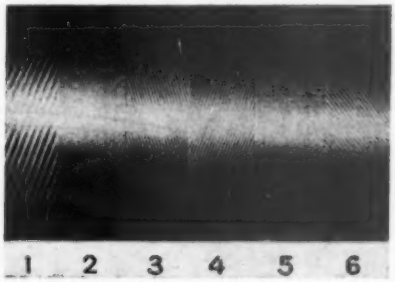


Fig. 10. — Pièce tournée avec broutage forcé régulier : l'aspect des surfaces dépend des conditions d'essai.

Les numéros indiqués sous les portions de surfaces correspondent aux valeurs suivantes du rapport ρ :

n° 1	ρ = 45,087	n° 4	ρ = 87,190
n° 2	= 54,745	n° 5	= 114,360
n° 3	= 71,810	n° 6	= 136,860

Le diamètre de la pièce est de $2\ R = 38{,}3$ mm et l'avance a de l'outil de 0,1 mm par tour.

Les surfaces usinées donnent l'apparence d'hélices à plusieurs filets de pas à gauche, à droite ou croisés. Ces hélices résultent du lieu des points en creux ou en pleins dus aux vibrations forcées transmises par l'outil.

L'inclinaison de la tangente aux hélices des pleins par rapport à l'axe de la pièce étant α pour les hélices gauches et β pour les hélices droites, le calcul donne les relations :

$$\operatorname{tg} \alpha = K \frac{n}{N} \qquad \operatorname{tg} \beta = K \frac{1 - n}{N + 1} \qquad [2]$$

$$\text{avec } K = 2\ \pi\ (R + b) / a$$

n et N étant les parties décimale et entière de

$$\rho = \omega'/\omega = N + n,$$

et b l'amplitude maximum de la vibration radiale de l'outil.

Les relations [2] sont traduites graphiquement (fig. 11) pour l'exemple n° 2 qui correspond à $\rho = 54{,}745$, d'où $N = 54$ et $n = 0{,}745$, avec la constante d'essai $K = 1206$.

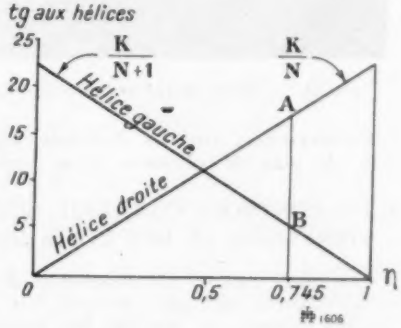


Fig. 11. — Valeur de la tangente de l'angle des hélices pour l'essai n° 2 de la figure 10.

Les ordonnées, $A = 17$ et $B = 5$ passant par l'abscisse $n = 0{,}745$, ont pour valeurs les tangentes aux hélices droite et gauche visibles sur la portion n° 2 de la figure 10.

L'examen des copeaux résultant d'une coupe broutée régulière montre (fig. 12) que la périodicité des vibrations est marquée par des failles sur la tranche des copeaux. Le contrôle vérifie que le nombre de failles formées par seconde est rigoureusement égal à la fréquence des vibrations génératrices.

Fig. 12. — Failles de copeaux provoquées par vibrations forcées.

Le montage de la figure 9 a été utilisé pour des essais de tournage plan réalisés sur disques avec l'action de vibrations forcées.

La figure 13 est la photographie d'un disque tourné qui porte des spirales en creux et en pleins se dessinant

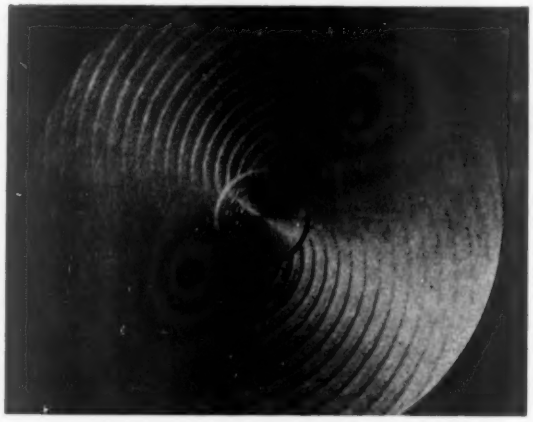


Fig. 13. — Disque tourné avec broutage forcé régulier.

systématiquement avec les vibrations forcées de la tourelle, le plan de vibrations étant normal au disque.

C. — CONTROLE CONJUGUE SUR TOUR DES VIBRATIONS ET DES ETATS DE SURFACE

Les essais exposés au paragraphe *B* sur les vibrations relatives outil-pièce peuvent être utilement rapprochés d'essais de contrôle des rugosités microgéométriques mesurées avec des appareils assurant une bonne reproductibilité.

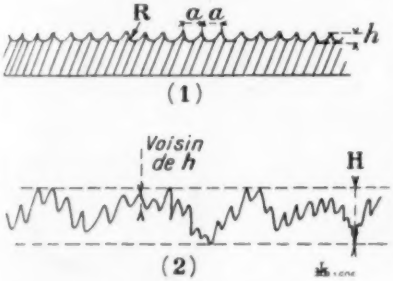


Fig. 14. — Rugosité d'une pièce tournée par un outil de rayon *R* avec une avance *a*.
(1). Profil diamétral abstrait de rugosité géométrique *h*.
(2). Profil diamétral réel de rugosité mesurée $H > h$.

La figure 14-1 représente le profil de sillons coupés par un outil de tour de rayon *R* travaillant à l'avance *a*. Cette figure régulière est une abstraction, et elle diffère de l'enregistrement profilométrique réel de la figure 14-2 par les profondeurs *h* et *H* des rugosités.

La rugosité maximum *h* se déduit, figure 14-1, de la géométrie des cercles sécants de rayon *R* excentrés de *a*, elle vaut :

$$h = R\left[1 - \sqrt{1 - (a/2R)^2}\right] \simeq a^2/8R \quad \text{avec } a/R < 1 \qquad [3]$$

le choix de la valeur approchée $a^2/8R$ se justifie pour les travaux de finition, a/R ne dépassant pas pratiquement 1/10.

La rugosité maximum expérimentale *H*, qui est supérieure à *h*, peut s'écrire avec un terme complémentaire *y* positif :

$$H = h + y \qquad y > 0 \qquad [4]$$

y étant fonction de facteurs d'expérience influençant la rugosité.

On peut admettre, *a priori*, que *y* dépend de l'amplitude du mouvement vibratoire relatif outil-pièce dont la trace indélébile est marquée sur la pièce usinée par l'outil.

Pour préciser la part des vibrations sur la modification de la rugosité, il suffit de mesurer sur un même tour et d'associer sur un même diagramme, la rugosité maximum *H*, l'amplitude vibratoire relative maximum outil-pièce, exprimées avec les mêmes unités (microns), en fonction d'une variable commune : la vitesse angulaire ω de la pièce.

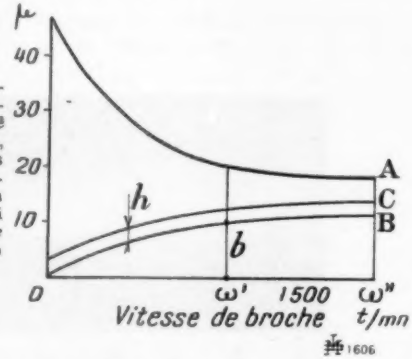


Fig. 15. — Diagramme associant la rugosité d'une pièce (*A*), et les vibrations relatives outil-pièce (*B*). La variable d'essai est la vitesse angulaire de la pièce.

Le diagramme se présente (fig. 15) avec les courbes *A, B, C.*

La courbe *A*, rattachée à une famille de courbes de paramètre Ø, exprime la rugosité maximum *H* d'une pièce d'acier de diamètre Ø, tournant à la vitesse de coupe ω Ø. La décroissance de *H* avec ω Ø est un phénomène qui se produit dans un intervalle dépendant de la nature et de la structure du matériau usiné.

La courbe *B* représente le déplacement vibratoire maximum outil-pièce détecté avec le dispositif de la figure 4 et mesuré sur les enregistrements photographiques du mouvement dont un exemple est donné par la figure 6. Il n'est retenu de ces enregistrements que l'amplitude *b* considérée seule ; le déplacement périodique dû aux forces d'inertie d'excentrement du mandrin ne paraissant pas intervenir pour augmenter la rugosité de la pièce.

La courbe C parallèle à la courbe B est décalée positivement de la quantité $h \simeq a^2/8R$ résultant du calcul de la rugosité maximum d'une pièce qui conserverait strictement l'empreinte géométrique du sillon taillé par l'outil (fig. 14-1).

L'intervalle compris entre la courbe B et l'axe $O\ \omega$ des vitesses dépend uniquement des vibrations.

L'intervalle compris entre les courbes A et C ne dépend directement ni des vibrations, ni du rayon de l'outil, ni de l'avance de coupe ; il caractérise des déformations plastiques et des arrachements à la surface de la matière usinée.

La rugosité : $H = h + y$ définie par la formule [4] peut s'écrire avec le partage de y en deux termes distincts :

$$H = h + \begin{pmatrix}\text{Déformations plastiques}\\ \text{et arrachements}\end{pmatrix} + \begin{pmatrix}\text{Déplacements vibratoires}\\ \text{maximum outil-pièce}\end{pmatrix} \qquad [5]$$

le premier terme de H dépend de l'avance a et du rayon R de l'outil, le second du comportement du matériau usiné fonction de la vitesse de coupe, et le troisième des caractéristiques vibratoires du tour.

Les courbes A et B se rapprochent régulièrement quand ω croît en dehors des zones de vitesses critiques, et la courbe de rugosité A tend à se stabiliser vers une limite minimum, tandis que la courbe de vibrations B tend à se stabiliser vers une limite maximum.

A partir d'une certaine vitesse ω' le dernier terme de [5] devient prépondérant pour provoquer des aspérités de surface. Le cas se précise à la vitesse $\omega'' > \omega'$, et les vibrations relatives outil-pièce, qui altèrent les surfaces, paraissent engager pour une part importante les dispositions constructives de la machine utilisée dans les travaux de finition.

D. — CONCLUSIONS

Si la reproduction fidèle et l'analyse des vibrations restent encore un point expérimental délicat, en raison de la gamme étendue des fréquences composantes et de leur multiplicité sur les machines-outils, la détection globale de ces vibrations est praticable, avec une sensibilité suffisante, au moyen d'un outillage de mesure actuellement construit.

L'étude des machines-outils développée pour les tours permet de distinguer le contrôle des vibrations absolues, du contrôle des vibrations relatives, et il faut préciser dans tous les cas les conditions d'essais, les positions et les formes des organes et des mécanismes, ainsi que les coordonnées de référence des mesures.

Les vibrations absolues caractérisent surtout la stabilité d'ensemble de la machine supportée par le sol.

Les vibrations relatives, moins dépendantes des conditions extérieures d'assise de la machine, caractérisent l'élasticité et les jeux inhérents aux organes et aux mécanismes.

Le contrôle des vibrations absolues permet de déceler les défauts de construction traduisant l'interférence de vibrations circulaires dues aux pièces tournantes déséquilibrées, et auxquels s'ajoutent des défauts de montage quand les organes de la machine se trouvent excités par résonance dans le champ de vibrations. Il importe donc de minimiser les « balourds » qui augmentent les réactions sur les paliers et leur usure, et qui peuvent être la cause de véritables perturbations. Des défauts d'implantation sont aussi détectés quand les vitesses critiques du système vibrant machine-sol ne sont pas rejetées franchement en deçà et au delà de la zone des vitesses de la machine.

Le contrôle des vibrations relatives est opéré entre la tourelle et la pièce à l'endroit le plus proche du tranchant de l'outil : les vibrations interviennent dans l'usinage comme un facteur limitatif de précision, de qualité et de rendement. Pour cette raison le contrôle conjugué des vibrations et des états de surfaces fut entrepris pour le cas de tours. Les défauts microgéométriques des surfaces tournées dépendent d'un mécanisme de déformations plastiques et d'une action vibratoire outil-pièce.

Un diagramme d'amplitude maximum vibratoire et de rugosité permet de représenter la part des facteurs d'influence de l'état de surface en fonction de la vitesse de la broche.

L'empreinte de l'outil sur la pièce croît avec l'amplitude des vibrations qui augmente avec la vitesse, tandis que les rugosités décroissent avec la vitesse de coupe. Le mouvement vibratoire relatif outil-pièce est le terme limitatif principal de cette décroissance.

Pour le contrôle conjugué des vibrations et des états de surfaces, nous avons adopté les valeurs maxima, tant des vibrations que des rugosités, en raison de l'appareillage dont nous disposions ; mais il est probable que le choix des valeurs moyennes apporterait de notables simplifications et une réduction du prix de l'appareillage de mesure.

Il est permis de souhaiter pour les constructeurs et utilisateurs qu'ils parviendront, comme il fut proposé même à l'étranger, à chiffrer la précision optimum du travail qu'un tour ou une machine est susceptible de réaliser dans des conditions normales d'emploi.

Le contrôle géométrique normalisé dicte les conditions de réception des machines-outils et il serait intéressant de développer conjointement le contrôle des vibrations et des états de surfaces pour établir une échelle de qualité des travaux de finition qui peuvent être réalisés sur les machines-outils.

J. BOISSEAU,
Ingénieur du Conservatoire national des Arts et Métiers.

Les méthodes modernes de contrôle de l'interchangeabilité dimensionnelle

Première journée d'études du Groupement pour l'Avancement de la Mécanique Industrielle

(à suivre)

Inaugurant le cycle des Journées d'études trimestrielles qu'il a instituées, le Groupement pour l'Avancement de la Mécanique Industrielle (G. A. M. I.), *Association des anciens Elèves et Professeurs de* l'Institut supérieur des Matériaux et de la Construction mécanique *(233, boulevard Raspail, Paris 14e) a procédé le 17 Décembre 1951 à un large débat sur les méthodes modernes de contrôle de l'interchangeabilité dimensionnelle, sous la présidence de M. F. Picard, Ingénieur des Arts et Métiers, Directeur des Etudes à la* Régie nationale des Usines Renault *et Président du Groupement, assisté de MM. les Ingénieurs en Chef Chalvet et Dumas, comme lui Professeurs à l'*I. S. M. C. M.

En ouvrant la séance, M. F. Picard a rappelé que l'action du G. A. M. I., *récemment créé sous l'impulsion de l'Ingénieur Général Nicolau, Directeur de l'*I. S. M. C. M. *s'inscrit dans l'œuvre d'imprégnation scientifique des industries mécaniques que poursuit cet Etablissement de haute spécialisation des ingénieurs mécaniciens, et notammentt dans le cadre des Colloques du Lundi sur les techniques de production et de construction, dont* La Pratique des Industries Mécaniques *rend compte régulièrement* (1).

Les Journées d'études du G. A. M. I. *auront lieu, en principe, trois fois par an. Elles ont pour objet de faire le point sur des questions de mécanique industrielle à l'ordre du jour, en confrontant les chercheurs, réalisateurs et usagers. M. Picard fait appel aux industriels et aux ingénieurs pour aider le* G. A. M. I. *dans son action. Le service gratuit des mémoires présentés aux Journées d'études et aux Colloques du Lundi, ainsi que des discussions auxquelles ils donneront lieu, sera assuré à ceux qui adhèreront au* G. A. M. I. *à titre de membre associé.*

Nous donnons ci-après un compte-rendu sommaire des Communications de MM. Cavé, Claesson, Pommier, Loxham, Bardet, Yribarren, présentées le 17 décembre 1951 et des conclusions de l'Ingénieur Général P. Nicolau. Nos lecteurs seront ainsi à même de juger de l'orientation actuelle des idées concernant le contrôle dimensionnel des fabrications mécaniques et de l'état et des tendances de la technique des mesures dans ce domaine. Ils pourront notamment apprécier par deux exemples vécus, empruntés aux industries de l'automobile et des roulements, l'importance du bénéfice qu'apporte aux fabrications mécaniques la mise en œuvre des méthodes statistiques.

ÉTUDE CRITIQUE DE QUELQUES MÉTHODES MODERNES DE CONTROLE DE L'INTERCHANGEABILITÉ DIMENSIONNELLE

par R. Cave

Ingénieur militaire principal de l'Armement

La conférence de l'Ingénieur militaire principal Cavé comprend quelques critiques des méthodes classiques de contrôle statistique et des théories permettant soit de compléter ces méthodes, soit d'utiliser une méthode différente proposée par l'auteur.

Les principales critiques des systèmes habituellement utilisés sont les suivantes :

— le choix de l'effectif n de chaque prélèvement est indéterminé et on donne des tableaux de coefficients

(1) Voir *La Pratique des Industries Mécaniques*, t. XXXIII, n° 10 (octobre 1950) p. 327, t. XXXIV, n° 2 (février 1951) p. 53, n° 3 (mars 1951) p. 77, n° 4 (avril 1951), et n° 7 (juillet 1951) p. 218.

dans lesquels n varie de 2 à 30. On conseille souvent de prélever $n = 5$ ou 4 pièces à cause de la division facile : ce raisonnement n'a aucun rapport avec la raison de contrôle et il suffit de contrôler les sommes pour ne pas avoir à effectuer la division et détruire la raison de ce choix.

— la fréquence des prélèvements doit correspondre à 5 à 10 % de la fabrication ; or la théorie est valable même si l'on prélève une proportion infime : il faut donc calculer la fréquence la moins coûteuse au point de vue contrôle.

— on ne dit rien sur la qualité de la fabrication et on ne tient pas compte en général des tolérances car on contrôle le déréglage de la machine et non la proportion de déchets qui peut, dans certains cas, être pratiquement nulle même si la machine se dérègle (dans certaines limites évidemment).

Améliorations apportées a la méthode classique

1) *Détermination de la fréquence des prélèvements :* La fréquence des prélèvements, donnant un prix du contrôle minimum, doit correspondre à une proportion de pièces prélevées égale à $q = \sqrt{\frac{n}{M}}$, M étant la moyenne des déréglages que l'on peut déduire des fabrications antérieures. Cette formule est approchée mais un seul chiffre significatif pour q serait suffisant en pratique, car il s'agit d'un ordre de grandeur.

2) *Détermination de l'effectif n de l'échantillon.*

Efficacité du contrôle : En introduisant la notion de courbe d'efficacité, on peut tracer des abaques permettant de déterminer l'effectif n de l'échantillon en fonction du risque β ($\beta = 0{,}05$ etc...) d'accepter un déréglage donné ou en fonction de la qualité limite la plus mauvaise de la fabrication. On voit qu'au-delà de $n = 10$ à 12, on a gagné peu en efficacité, si on augmente n par unité. D'autre part la première décimale et quelquefois la deuxième pour n grand donnent une précision suffisante pour les coefficients σ.

Système de controle proposé

Au lieu de contrôler le déréglage de la fabrication en calculant des limites décalées de $\pm A\sigma = \pm \frac{3{,}09}{\sqrt{n}}\sigma$ de la moyenne générale, on contrôle la qualité de la fabrication instantanée en calculant des limites de la moyenne de chaque échantillon, décalées de $\tau\sigma$ des limites de tolérances. En se fixant le risque α de refuser un réglage donnant une proportion p_1 de pièces mauvaises et le risque β d'accepter un réglage donnant une proportion p_2, on peut, au moyen d'abaques très simples à consulter (les courbes n = cte et τ = cte sont des droites parallèles aux deux bissectrices), déterminer les valeurs correspondantes de n et τ.

On peut aussi déterminer n et τ par une qualité limite moyenne de la fabrication au moyen d'un abaque du même genre que celui établi pour la théorie classique.

En ce qui concerne le contrôle de la dispersion, au lieu de calculer les écarts-types de chaque série, se contenter de calculer les sommes $S = \sum_1^n (x_i - \bar{x})^2$ qui suivent des lois de probabilité de $\chi^2\sigma^2$ à $n - 1$ degrés de liberté.

Les droites de contrôle deviennent $\chi^2_{n-1,\alpha}\sigma^2$ avec

$$Pr\left[\chi^2 > \chi^2_{n-1,\alpha}\right] = \alpha$$

On prendra $\alpha = 0{,}001$ pour les droites de contrôle, $\alpha = 0{,}02$ pour la surveillance.

Controle par calibres

Une théorie analogue a été effectuée pour le contrôle par calibres et aboutit à des résultats semblables, les droites τ = cte étant remplacées par des courbes.

QUELQUES EXEMPLES D'APPLICATION DU CONTROLE STATISTIQUE A LA FABRICATION DES ROULEMENTS A BILLES

par G. Claesson
Ingénieur à la S. K. F.

M. Claesson, se référant à l'exposé qu'il a fait en 1949 aux Journées de Métrologie industrielle organisées par la *Chambre syndicale nationale de la Mécanique de haute précision*, pour ce qui concerne les principes généraux des méthodes statistiques [1], indique le développement donné depuis lors à l'application de ces méthodes pour le contrôle des fabrications dans les ateliers de la *S. K. F.*

En principe ces méthodes sont appliquées pour les opérations de tournage et de rectification, comme aussi pour la fabrication des cages en tôle.

Deux méthodes distinctes sont utilisées, dites (en anglais) « particular control » et « statistical control ». On emploie parfois une combinaison des deux.

[1] *La Pratique des Industries Mécaniques*, t. XXXII, n° 10 (octobre 1949), p. 326. Voir aussi la *Revue Générale de Mécanique*, novembre 1949, n° 11, p. 435.

1° *Particular control ou controle par échantillonnage.* L'auteur donne comme exemple la fabrication des cages en tôle pour roulements à simple rangée. S'agissant de quantités très importantes et le nombre de rebuts étant peu élevé, le simple contrôle par échantillonnage se trouve justifié.

Cinq opérations : découpage — cintrage — formage — poinçonnage — sablage.

Cinq cotes principales à contrôler : diamètre extérieur — diamètre intérieur — diamètre moyen — rayon de formage — diamètre des trous de rivets.

Avant la mise en route, chaque machine est contrôlée. Ce contrôle n'a pas seulement pour objet de vérifier si les pièces sont dans les tolérances, mais si elles se trouvent bien situées entre leurs limites.

Ceci réalisé, le contrôleur autorise la mise en route de la fabrication. Un contrôle « volant » est effectué, en prélevant à intervalles réguliers des échantillons sur la production obtenue entre chaque prélèvement. Si les pièces prélevées sont reconnues bonnes, la totalité des pièces fabriquées dans l'intervalle considéré sont réputées bonnes. Si le contrôle trouve une anomalie, la machine est arrêtée et l'on procède à un contrôle cent pour cent.

La même méthode est utilisée pour chaque opération. En fin de fabrication, les différentes cotes de la cage sont vérifiées sur un prélèvement dont l'importance est déterminée par voie statistique. Si le nombre des pièces reconnues défectueuses ne dépasse pas une valeur donnée, l'ensemble est réputé bon. Dans le cas contraire, on procède à un contrôle cent pour cent.

Une expérience portant sur un temps assez long a montré que, dans ces conditions, le nombre de pièces dont les défauts apparaissent lors du montage ne dépasse pas 1/1 000. Les frais de contrôle sont considérablement abaissés, le nombre des pièces vérifiées ne dépassant guère 4 %.

La même méthode est appliquée pour la fabrication des bagues petites et moyennes, sur tours automatiques.

2° *Statistical control.* Le contrôle par échantillonnage est un contrôle de réception qui ne permet pas d'agir sur la fabrication et par suite de réduire les « loupés ».

En vue de réduire ces loupés qui entraînent un gaspillage de matière tel que 1 % de rebuts dans un atelier, au cours d'une même journée, équivaut au salaire d'un ouvrier de cet atelier pendant un mois, on s'applique aujourd'hui, chaque fois que la nécessité apparaît, à utiliser le contrôle statistique proprement dit, avec cartes et graphiques.

C'est par exemple le cas des tours de reprise pour les bagues de roulement. Deux opérations : alésage et finition d'un côté, puis gorge et finition du deuxième côté. Après la première opération on contrôle seulement l'alésage, par mesure. Après la deuxième opération, on contrôle le diamètre de la gorge, le départ latéral et la largeur. Le contrôleur passe toutes les 1/2 heures, prélève cinq pièces (les deux premières et trois pièces au hasard sur la production, entre deux prélèvements). La moyenne et la dispersion sont marquées sur le graphique. Si les points se trouvent à l'intérieur des limites déterminées par voie statistique, l'ensemble est jugé bon et soumis à un simple contrôle à vue. Sinon, on procède à un contrôle cent pour cent.

Dans tous les cas où ce mode de contrôle est mis en œuvre on opère ainsi, mais la durée des intervalles de prélèvements est fixée en fonction de la cadence et de la tenue de la machine.

Lorsque la vitesse de passage des pièces est telle que la contrôleuse n'a pas le temps de calculer la moyenne et la dispersion et d'en faire le report sur les cartes, ce qui est le cas de la rectification du diamètre extérieur sur centerless, on procède comme suit : une contrôleuse, placée après la machine qui fait la dernière passe de finition, fait des prélèvements à des intervalles aussi réduits que possible. Les limites des moyennes figurent sur le cadran de son instrument de mesure, ce qui lui permet de signaler au régleur les prélèvements dont les moyennes se situent en dehors des limites.

M. Claesson résume les avantages retirés de la mise en pratique, dans ces conditions, du contrôle statistique :

— Diminution des rebuts, telle que le capital immobilisé par les pièces à retoucher, compte non tenu de tous les frais de manutention économisés, a pu être réduit de 5/6,

— Diminution des frais de contrôle de 30 à 50 %,

— Possibilité de reconnaître, en temps utile, les défauts résultant, soit d'un mauvais fonctionnement de la machine, soit de la mauvaise qualité de la matière usinée.

— Possibilité de déceler les fautes professionnelles du personnel d'exécution.

Toutefois, on ne saurait appliquer utilement le contrôle statistique lorsque les tolérances de fabrication sont moindres que la dispersion propre de la machine et lorsque, pour certaines opérations de rectification, on est tributaire de l'habilité de l'ouvrier. Par ailleurs, le contrôle statistique exige des contrôleurs de qualité professionnelle supérieure à celle que possède le personnel utilisé pour le contrôle usuel.

Malgré ces légères réserves, la *S. K. F.*, devant l'importance des bénéfices et des avantages d'ordre technique qui en résultent, s'emploie à généraliser la mise en application du contrôle statistique dans ses ateliers.

PRÉLIMINAIRES A L'APPLICATION DES CARTES DE CONTROLE STATISTIQUE A L'USINAGE DANS L'AUTOMOBILE

par P. POMMIER

Ingénieur des Arts et Métiers,

Chef du Département mécanique « 4 ch » à la Régie nationale des Usines Renault.

« Qu'il s'agisse d'enseignement ou de fabrication — « écrivait l'Ingénieur Général Nicolau en juin 1949 — « l'usage s'est établi de laisser l'élève, l'ouvrier, che- « miner en quelque sorte à l'aveuglette, dans une direc- « tion donnée et de lui révéler tout à coup, par un « examen, par un contrôle, son point d'arrivée.

« N'est-il pas plus raisonnable et plus efficace de « lui permettre de se contrôler constamment, en bor- « dant de deux traits la route à suivre ? »

— Pour ne pas quitter la route à suivre, il faut régler les machines ; mais quand, de combien, avec quoi ?

— Pour régler, il faut mesurer les pièces, mais avec quels appareils ?

C'est à répondre à ces questions que s'emploie M. Pommier, pour fixer sur des bases solides la mise en application des cartes de contrôle statistique dans les ateliers de fabrication de la 4 ch *Renault*, où déjà la mise sous contrôle de plus de cent machines est assurée.

Qualité, quantité, prix de revient, sont trois facteurs de la production en étroite interdépendance. C'est le facteur qualité qui sert de pilote. Le vrai problème de qualité, donc de quantité et de cadence, se pose à l'usinage ; il consiste avant tout à réduire la proportion de pièces loupées, hors tolérances.

Le contrôle statistique donne la quasi-certitude d'avoir 998 pour mille pièces dans la tolérance, si les valeurs moyennes des prélèvements faits à des intervalles réguliers ne sortent pas des limites fixées, l'écart-type étant, bien entendu, compatible avec la tolérance. Mais encore faut-il avoir la possibilité matérielle (c'est-à-dire les moyens de fabrication et les moyens de mesure) d'amener et de maintenir les prélèvements dans des limites ; autrement dit :

a) Il faut connaître des possibilités en qualité de la machine équipée, c'est-à-dire sa dispersion,

b) Il faut pouvoir la régler avec toute la précision voulue, donc posséder les appareils de réglage nécessaires,

c) Avant de pouvoir régler, il faut mesurer les pièces, donc posséder les appareils de mesure indispensables.

La tolérance est déduite du jeu moyen nécessaire et fixée sur le papier par le dessinateur. C'est pour le fabricant une obligation à respecter.

En face de la tolérance, apparaît la dispersion. Ce n'est plus une obligation, mais une constatation de fait.

Les facteurs de dispersion sont nombreux ; ils relèvent :

— de la machine équipée : Jeux des chariots, jeux de la broche, flexions du montage porte-pièces.

— de l'outil : Usure progressive, d'où résulte un effort de coupe de plus en plus grand, pouvant soit, faire fléchir la pièce, soit faire reculer ou vibrer l'outil.

— de la pièce brute : Variations, sur une même pièce ou d'une pièce à l'autre, de dureté, de forme, des épaisseurs à enlever.

— de l'ouvrier productif qui a serré plus ou moins la pièce, laquelle de la sorte risquera de présenter des défauts (voile, ovale) lorsqu'elle sera libérée de tout serrage, ou qui a mal nettoyé les centres ou les appuis de la pièce sur le montage.

— d'autres facteurs, tels que : Variations de tension ou de fréquence sur le réseau ; variations de la température ambiante ; variations de la température atteinte par la machine, etc...

A quoi, il faut ajouter l'influence personnelle du régleur.

Or, la dispersion doit être très inférieure à la tolérance, faute de quoi il faut se résoudre à avoir inévitablement un certain pourcentage de loupés.

Car on doit aussi consentir une certaine *tolérance de réglage*.

Il faut donc que la somme de la dispersion de la machine équipée et de la tolérance de réglage soit inférieure ou au plus égale à la tolérance de fabrication ; ou bien, avec une précision plus mathématique, il faut que l'écart type de la tolérance de fabrication soit supérieur ou égal à la racine carrée de la somme des carrés des écarts types de la dispersion et de la tolérance de réglage.

Ce n'est qu'en connaissance de la tolérance de réglage et de la dispersion de la machine qu'on peut prévoir si la tolérance de fabrication demandée par le bureau d'études peut permettre de faire, avec un réglage précis, 100 % de pièces bonnes.

Si cela n'est pas possible, il faut :

— ou bien changer la tolérance,

— ou bien chercher un autre mode d'usinage,

— ou bien accepter comme une fatalité un certain pourcentage de loupés qu'on peut d'ailleurs calculer à l'avance.

Que les chercheurs des bureaux d'études, les directeurs des méthodes, les fabricants de machines songent à cela lorsque, respectivement :

— ils fixent une tolérance,

— ils mettent à la disposition de la fabrication une machine équipée,

— ils fixent la valeur des graduations des verniers commandant le réglage des machines-outils.

Avant de conclure à l'impossibilité, il convient d'ailleurs d'essayer de réduire la dispersion et M. Pommier analyse les moyens qui, en tout état de cause, doivent être employés pour y parvenir en agissant séparément sur la machine, sur le montage d'usinage, sur l'outil, sur la pièce et sur l'ouvrier :

— pour la machine : choisir des machines très robustes, massives, capables d'absorber les vibrations. Les maintenir en bon état.

— pour le montage d'usinage : veiller à la rigidité, à l'équilibrage précis, lorsqu'il tourne, à la qualité du serrage afin qu'il ne crée pas de flexions.

— pour l'outil : utiliser, en particulier sur les tours, les plus grosses sections possibles afin d'éviter les flexions, les vibrations. Chercher à obtenir sur les outils neufs ou réaffûtés les meilleurs états de surface, en particulier lorsque deux faces déterminent une arête donnant le diamètre de la pièce. Ne pas dépasser le nombre économique de pièces à faire entre deux réaffûtages, nombre correspondant à l'usure minimum des outils et, dans ce but, utiliser des dispositifs de comptage et d'arrêt automatique des machines.

— pour la pièce : opérer avant usinage le tri des pièces par n° de moule et par n° de matrice.

La dispersion étant par ces moyens réduite autant qu'il est possible et maintenue dans le temps, le réglage consiste à amener la valeur moyenne de la courbe de dispersion à coïncider sensiblement avec la cote moyenne de la zone de tolérance.

Les régleurs doivent y être entraînés.

Mais les possibilités d'effectuer ce réglage doivent leur être données. Trois cas sont à distinguer :

1° L'outil, par son profil, sa section, ses déformations, donne lui-même la forme ou la cote à obtenir (forets, tarauds, alésoirs... etc).

Que peut le régleur, si les outils dont il dispose ne sont pas conformes à la cote, au profil ?

2° De la position relative de l'outil et de la pièce dépend la cote à obtenir.

Les tolérances à tenir imposent des déplacements d'outil de l'ordre de quelques microns.

Comment y parvenir avec les verniers dont disposent la plupart des machines, gradués en 1/10 de mm, en 5/100 de mm ou au plus en 2/100 de mm, sans qu'on se soit même inquiété de proportionner cette sensibilité de lecture à la dispersion de la machine, ni à la tolérance des pièces qu'elle a pour fonction d'usiner ?

M. Pommier indique comment l'adaptation aux machines d'un dispositif de microréglage mettant en œuvre le micromètre pneumatique *Solex* a permis de pallier ce défaut de construction des machines-outils, donnant aux régleurs et aux ouvriers le moyen de situer et maintenir en toute sécurité la position de la dispersion par rapport à la tolérance dans les qualités *I. T.* 5, 6, 7, 8, qui sont les plus courantes dans l'industrie automobile. Les dépenses correspondantes ont toujours été amorties en moins de deux mois.

3° La mesure est faite sur la pièce pendant son usinage (rectification), soit que la cote soit prise par une jauge, l'ouvrier commandant le recul du porte-meule, soit que la machine fonctionne en autocalibrage.

Des solutions pratiques de ce problème ont pu être obtenues par les appareils *Solex*, *Etamic*, *Stop-Cote*, permettant la mise sous contrôle statistique des opérations de rectification, mais il reste beaucoup à faire dans ce domaine pour satisfaire les besoins de la fabrication en grande série.

Reste la mesure des pièces fabriquées.

On a parfois opposé le contrôle statistique au contrôle individuel. L'un ne doit pas éliminer l'autre.

Le contrôle statistique est un guide pour le régleur, susceptible de lui indiquer à quel moment il doit régler, dans quel sens et de combien.

Le contrôle individuel de l'ouvrier productif doit, sauf exceptions, s'exercer sur toutes les pièces et cela au fur et à mesure de leur production. Pour ce contrôle, l'emploi de calibres à limites fixes ne saurait convenir, non seulement parce qu'il est coûteux, mais parce qu'il ne donne pas à l'ouvrier le moyen de savoir ce qu'il fait.

Des appareils de mesure d'une précision au moins égale au dixième de la tolérance sont indispensables.

M. Pommier lance un appel aux fabricants d'instruments de mesure pour que soient étendues aux multiples problèmes particuliers de mesure que pose la technique de construction automobile, les solutions qu'ils ont apportées aux problèmes généraux.

Tous ces préliminaires étant acquis, la mise sous contrôle statistique des machines par le procédé des cartes de contrôle a donné des résultats très encourageants. On a pu abaisser en deux ans le pourcentage des rebuts de 4,58 à 1,46 % et l'on espère descendre au-dessous de 1 %.

La mise en application de la méthode a attiré l'attention sur l'importance de la proportion de loupés dus au défaut de précision des outils neufs ou après affûtage, ce qui a conduit à mettre sous contrôle les ateliers d'affûtage.

Les pires difficultés ont été d'ordre psychologique. Convaincre, toujours convaincre... et ce n'est pas auprès des modestes exécutants que l'on rencontre le plus de scepticisme, lorsqu'on veut faire du neuf.

OUTILS ET OUTILLAGE

Les outils carbure

(suite [1] et fin)

Nous achevons ci-dessous la publication de l'étude que M. Le Lan, Directeur technique du département « Machines-Outils » Renault-Batignolles, a tirée de sa riche expérience de l'usinage au moyen d'outils aux carbures. Comme on le verra, l'auteur — en dépit des résultats spectaculaires dont on a pu faire état au cours des dernières années — insiste sur la nécessité absolue de poursuivre les recherches en ce qui concerne tant les carbures eux-mêmes que leur mise en œuvre, et d'analyser minutieusement les problèmes d'usinage avant de leur donner une solution.

SELECTION DES MEULES DIAMANT (DONNEES ESSENTIELLES)

Granulation de la meule

L'affûtage normal des arêtes de coupe de l'outil, y compris la gorge roule-copeaux, sera satisfait, pour tous les travaux courants, par une granulation de la meule comprise entre 120 et 170.

Pour ces mêmes travaux, la meule à liant métallique semble préférable.

Comme en général l'affûtage de la gorge roule-copeaux requiert une meule étroite, il sera bon, de temps à autre, de la retourner « face pour face » pour régulariser l'usure. Cette meule, plus encore que les autres, *a besoin d'être rigoureusement centrée.*

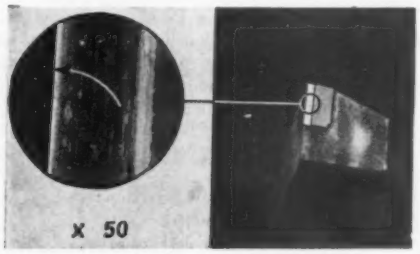


Fig. 12. — Outil correctement affûté (grain 170). Le grossissement montre la rectitude de l'arête de coupe qui a été passé à l'affiloir de grain « 300 ».

Si cette condition essentielle n'était pas observée, il s'ensuivrait sur la surface utile de la meule une usure d'autant plus locale que l'excentration serait accusée, ce qui, par ailleurs, accroîtrait le risque pour l'outil d'un échauffement anormal, d'un écaillage de l'arête, d'une surface broutée ou ondulée et enfin la crique d'affûtage trouverait en cette circonstance les conditions les plus favorables à son apparition.

Contrairement à une opinion quelque peu générale, cette meule ne doit pas comporter de rayon supérieur à 0,5 ; un rayon excessif s'oppose à la réalisation correcte du roule-copeau et les lois approximatives habituelles s'en trouvent perturbées.

Par ailleurs, il deviendrait impossible, dans le cas de gorges étroites, d'en vérifier l'angle.

Grain finition

Il est généralement compris entre 200 et 240. Son emploi est limité aux outils finisseurs, tels que grains d'alésage, à qui il est demandé une belle qualité de surface sous des profondeurs de passes et avances réduites.

Les outils extérieurs destinés à la finition sur des aciers ou métaux non ferreux auront également avantage à voir leurs arêtes utiles rectifiées en dernier lieu par un grain finition.

Grain superfinition

Compris en 240 et 400. Il se trouve généralement réservé pour des travaux de finition où un très bel état de surface est exigé. En fait, il s'agit plus ou moins d'un substitut de l'outil diamant.

Ce grain trouve également son utilisation dans l'affûtage des « shaving-tools » ou outils à raser. Il en est de même pour les outils finisseurs de gorges de pistons, que ces outils soient du type normal ou « shaving ».

Dans l'utilisation des meules finition et superfinition, on aura parfois le plus grand intérêt à ne passer à la finition ou à la superfinition des arêtes utiles de l'outil qu'après un affûtage préliminaire fort bien exécuté sur des meules à granulation suffisamment rapprochée de la granulation finale.

Enfin, un examen de l'outil sous un grossissement de 30 à 40 devra décider de l'état de surface des arêtes.

[1] *La Pratique des Industries Mécaniques*, t. XXXV, n° 3, (mars 1952) p. 67.

DURABILITE DE L'OUTIL

Tant que nous ne posséderons pas d'indices d'usinabilité pour les principaux métaux classifiés, il sera pratiquement impossible de déterminer par avance un standard de la durabilité de l'outil.

Ainsi qu'on l'a vu par les quelques exemples cités dans cet exposé, la durée d'un outil entre réaffûtages est une fonction largement partielle de l'usinabilité d'un métal considéré, et, à ce titre, la probabilité de la tenue de l'outil peut varier entre des limites parfois imprévisibles.

Ainsi que nous l'avons vu également, l'absence d'étalon peut, dans une certaine mesure, être compensée par la sélection de l'origine du métal et ce compromis est susceptible de donner lieu à des valeurs comparatives intéressantes, tant du point de vue de la production que de la durabilité de l'outil.

Dans tous les cas où l'on se sera sérieusement assuré que ni les variations de vitesses de coupe et avances, ni l'affûtage, ni la qualité du carbure, ni la rigidité de la pièce et de l'outil, ni l'excès de calamine, n'ont de notable influence sur la durée d'un outil aux angles corrects et que cette durée sera jugée insuffisante, il sera nécessaire d'incriminer la qualité de l'acier, cette qualité étant entendue sous le rapport de l'usinabilité.

Nous ne saurions trop suggérer aux utilisateurs d'agir sur les aciéristes et si possible de les mettre en compétition.

Choix de la vitesse de coupe

Contrairement à l'avance, qui reste limitée par de nombreuses raisons, la vitesse de coupe n'a de limite que par la tenue de l'outil, et, à ce compte, elle peut, dans les cas favorables, « crever les plafonds » généralement acceptés par les fabricants de carbure. Il est peut-être inutile de dire que l'inverse se trouve également vrai, ce qui n'aide en rien à la solution du problème.

Il y a donc lieu de considérer chaque cas d'usinage comme un cas spécial et de prendre comme premier critère la durabilité de l'outil sous des conditions de vitesses de coupe les plus hautes possibles.

Il reste sous-entendu qu'en dehors d'autres indications plus précises, le chiffre ou dureté Brinell sera pris en considération pour la première sélection de la vitesse et que les recherches feront croître ou décroître cette première approximation.

Ces recherches n'auront plus lieu d'être quand le même acier, de même provenance, sera couramment utilisé.

L'usure rapide des arêtes de coupe d'un outil n'est pas toujours une fonction des hautes vitesses ; une vitesse trop basse peut également provoquer une usure exagérée et il ne faut pas craindre de « crever les plafonds », s'il doit s'ensuivre — ce qui est quelquefois le cas — une amélioration notable de la tenue.

L'usure d'un outil, ou plus exactement l'usure de ses arêtes utiles, sera considérée comme absolument bonne quand celle-ci sera sensiblement répartie entre le flanc d'attaque, la pointe et la partie supérieure. Toutefois, ces conditions optima ne seront réunies que fortuitement ou par des recherches généralement fort longues et qui, de ce fait, ne peuvent appartenir qu'à la série continue.

L'obtention, fortuite ou non, de cette usure répartie constitue la source principale de la durabilité maximum et les recherches encore restreintes sur ce sujet semblent mettre en jeu une sorte de régénération des arêtes coupantes. Il semble également que ces conditions soient très sensibles à la vitesse de coupe et qu'un écart de ± 10 % suffirait à les rejeter.

Si, comme il est probable, cette hypothèse se trouvait vérifiée par des recherches ultérieures répétées et plus approfondies, la variation continue de la rotation de broche, tendant vers une vitesse de coupe constante, deviendrait une nécessité.

Pièces fortement oxydées ou calaminées

L'abrasivité de ces matières a sur le carbure une action perturbatrice d'autant plus grande que la pointe de l'outil est plus voisine de la surface. Dans beaucoup de cas, il suffira que l'outil émerge du métal sain pour venir en contact avec l'oxyde de surface pour être presque instantanément hors d'état de continuer la coupe. L'usinage de pareilles pièces ne peut être économiquement réalisé que par une ébauche préalable sous forte avance, avec une coupe négative ou mixte et sous la condition que l'outil reste constamment en plein métal. Plus que dans tout autre cas encore, la lubrification sera très abondante pour détacher et disperser les particules d'oxydes métalliques.

Pièces longues et flexibles

L'outil carbure autorise certains dépassements du rapport diamètre/longueur généralement acceptés par le rapide. Ces dépassements sont fonction de la vitesse de rotation et plus celle-ci sera haute, plus les chances d'obtenir un chariotage non vibré seront grandes. Pour la réalisation de cette catégorie de pièces, les grandes vitesses de coupe nécessaires imposent évidemment une usure des arêtes qu'il est indispensable de consentir. De plus, les poussées étant inacceptables, l'affûtage sera obligatoirement plus fréquent.

Coupe négative

Celle-ci sera surtout utilisée en tant que condition gouvernant la protection des arêtes coupantes, beaucoup plus que comme condition autorisant l'élévation

de la vitesse de coupe. Toutefois, cette coupe entraînait des poussées supplémentaires, variables avec les angles utilisés et il sera souvent nécessaire, pour éviter les phénomènes de vibration et de broutement, d'élever la vitesse et de l'amener vers des régions où la tenue du carbure perdra tout ou partie du bénéfice des angles négatifs.

Les poussées résultant de cette coupe devront faire l'objet d'études attentives avant d'en décréter l'application définitive. Les pièces de faible diamètre, ou, ce qui revient au même, les pièces dont le rapport diamètre/longueur atteint 8, peuvent être soumises suivant qu'elles se trouvent encastrées ou prises entre pointes, a des flexions rotatives variables avec la section du copeau, des angles et de l'état d'usure de l'outil.

Cette fatigue peut ne pas être négligeable sur le comportement ultérieur de la pièce en service, si un traitement thermique subséquent n'a pas eu pour effet une régénération du métal.

D'autre part, les pressions engendrées localement en chaque point d'enlèvement du copeau peuvent provoquer une déformation de l'édifice cristallin de surface ; cette déformation peut également avoir une influence plus ou moins néfaste sur les caractéristiques mécaniques (1)

Enfin, l'effet de trempe en surface (2) n'est pas toujours sans influencer la coupe d'outils coûteux (taillage) lorsque ceux-ci doivent opérer immédiatement après le tour.

Fig. 13. — Double brise-copeau

Il faut encore ajouter que les poussées de l'outil sur la pièce en cours d'usinage peuvent être telles qu'il ne sera plus possible, en aucune façon, d'observer une tenue de cote moyenne.

Les copeaux relatifs à cette coupe, notamment lorsque l'outil doit opérer au voisinage de la croûte, se trouvent finement divisés et projetés avec violence. Si la protection directe reste possible, les phénomènes de rebond des copeaux, phénomènes difficilement contrôlables, peuvent provoquer des brûlures graves.

Cette coupe, parfaitement justifiable, et inséparable même de certains travaux sélectionnés, ne doit pas être appliquée pour sacrifier à une question de mode. Certaines révisions, comme la substitution de la coupe purement négative à la coupe mixte dans le fraisage, montrent que dans ce domaine, en particulier, il y a lieu de rester très attentif.

Si, actuellement, les carbures pour aciers luttent fort bien contre la cratérisation, ils se défendent plus mal contre l'usure de flanc et de pointe, usure qui reste, en dehors de l'abrasivité anormale de certains aciers, une conséquence directe des hautes ou très hautes vitesses de coupe. Bien que les fabricants de carbure indiquent comme correctif à cette usure une augmentation plus ou moins importante de l'avance, celui-ci se trouve pratiquement illusoire, sauf sous l'aspect bien connu que l'aggravation de l'avance n'a pas sur l'usure une action directement proportionnelle.

Dans les problèmes de coupe négative, il y aura presque toujours intérêt à utiliser le *S1*, sa fragilité se trouvant largement compensée par le report de l'impact hors du voisinage immédiat des arêtes utiles. Sa dureté et ses autres caractéristiques permettront des vitesses de coupe satisfaisantes.

Soulevant encore de grandes difficultés, mal connue dans le détail, maintes fois exagérée dans ses résultats, cette coupe est susceptible de grands développements lorsque machines, *personnel*, outils et variétés de carbure auront été les uns et les autres adaptés à une technique dont les éléments encore épars et incomplets auront été rassemblés et complétés.

Choix de l'avance

Son influence sur la durabilité de l'outil est moins grande que celle de la vitesse de coupe. Elle peut varier entre des limites relativement étendues sans affecter de façon notable la tenue des arêtes utiles.

Si l'on excepte l'ébauche préalable où de fortes avances par tour peuvent être utilisées avec des carbures *S2* ou *S3* en coupe positive et à vitesse de coupe réduite, les autres problèmes de tournage où la pièce est exécutée sans dépose imposent, pour des questions de rectification ultérieure, d'aspect ou même de résistance, des avances généralement comprises entre 2 et 4/10. Il reste que le choix est strictement limité.

Ainsi que nous l'avons vu, les pièces calaminées bénéficieront, si possible, d'une forte avance, celle-ci ayant pour objet de provoquer la rupture de la pellicule oxydée en avant de l'outil et de la détacher avant contact. Cette action est relativement efficace lorsqu'elle est accompagnée d'une lubrification très abondante.

(1) The characteristics of machined surface (Residual surface stress) A. J. Ghisholm — *Machinery* juin 1949.

(2) E. G. Herbert : *Machinery* juin 1950, même chapitre.

Attaque de l'outil coupe positive sur des pièces aux extrémités obliques

Il est fréquent que les pièces soient sciées avec une obliquité importante, ce qui fait que l'attaque de l'outil débute par une succession de chocs dont l'effet sur l'arête de coupe se traduit par un écaillage qui réduit la durée de l'outil. Sur les machines insuffisamment rigides ou sur les outils qui fléchissent, chaque choc provoque un « rebond » qui ébranle la plaquette et peut amener une rupture.

Le remède partiel consiste à n'embrayer l'avance automatique qu'après avoir procédé à l'enlèvement, par avance manuelle, de la portion oblique ; cette opération peu coûteuse, rapide et purement réflexe, amène une sérieuse économie de carbure.

Sur certains tours récents, il a été prévu un changement automatique de l'avance pour décider d'une attaque plus lente et rendre plus normales d'autres sollicitations dont la brutalité altérerait la bonne tenue d'outil (copiage notamment).

Attaque de l'outil sur des pièces sectionnées à la meule

Sur la plupart des aciers alliés, l'action de la meule amène sur l'extrémité sectionnée un effet de trempe superficielle qui détruit très rapidement l'arête utile de l'outil. Côté carbure, il n'y a pas de remède. Les pièces devront être recuites ou meulées en bout avec une meule à coupe très libre.

Influence de la lubrification

La lubrification de l'outil paraît réunir tous les suffrages des techniciens qui ont eu l'occasion d'observer et d'analyser ses diverses influences sur l'outil et sur la pièce.

Les travaux les plus précis relatifs à cette opération sont, pour la majorité, d'origine américaine et couvrent non seulement la durabilité de l'outil, mais d'autres problèmes auxiliaires tels que les distorsions, l'état de surface, etc...

Ainsi que nous le savions déjà, l'eau naturelle reste le meilleur des lubrifiants pour les travaux de coupe sur les aciers normaux. Les effets majeurs, ou tout au moins les plus connus et les mieux observés, seraient dus à des phénomènes chimiques (chemical compound) qui réduiraient le coefficient de friction entre le copeau et l'outil [1] ; il faut évidemment ajouter à l'actif de l'eau pure son pouvoir refroidissant qui vraisemblablement représente, dans les problèmes de coupe, l'agent décisif.

La solution d'huile soluble d'un emploi général dans les travaux aux carbures ne sera donc pourcentée que pour éviter toute oxydation de la machine et des pièces, et non, comme on le croit communément, pour ajouter au pouvoir de coupe qui, au contraire, s'en trouve diminué.

Influence sur l'effort de coupe

Aux basses vitesses, l'effort de coupe entre le travail à sec et lubrifié est dans un rapport voisin de 2 à 1 ; cette valeur diminue graduellement avec la vitesse. Dans la région des très hautes vitesses de coupe on ne remarque plus de différence entre les deux efforts ; tout se passe comme si le liquide ne pouvait plus atteindre la surface de l'outil où se forme le copeau. Cette hypothèse est d'autant plus vraisemblable que des essais fragmentaires substituant, à la lubrification verticale par gravité, un jet sous faible pression venant agir sous le copeau, semblent, sous certaines conditions, diminuer l'effort de coupe. Il serait évidemment des plus intéressant que de pareils essais puissent être systématiquement entrepris, leur conclusion étant susceptible d'apporter de profondes modifications dans la façon d'amener le liquide sur l'outil [2].

Influence sur la durabilité de l'outil

Suivant nos propres essais, qui se rapprochent sensiblement des chiffres américains récents, un même outil opérant sur la même pièce, dans les mêmes conditions de coupe, verra sa longévité augmentée de 20 à 40 % s'il est correctement lubrifié.

La lubrification doit s'opérer au droit de la plaquette de carbure et « noyer » celle-ci. Contrairement à certaines habitudes acquises, il est inutile et dangereux pour le carbure d'arroser de façon préférentielle la pièce en cours d'exécution.

Le jet doit être *abondant et sans pression* ; le débit pour une puissance sur l'outil de 15 ch doit être au minimum de 15 litres/minute. A 20 ch, et pour ce même débit, commence une vaporisation gênante lorsque la température ambiante avoisine 20° C. De plus, cette vaporisation est l'indice d'un refroidissement insuffisant.

D'autres essais, encore trop peu poussés pour être chiffrés avec certitude, sembleraient montrer que la durabilité des arêtes utiles de l'outil passerait du simple au double si les conditions afférentes au seul débit du lubrifiant *sur l'outil* ont pour effet d'empêcher ou de limiter la coloration du copeau.

---

(1) A. T. Ghislom : The characteristics of machined surfaces, *Machinery*, juin 1949.

(2) Depuis que cet article a été écrit, il a été apporté sur des tours très récents des modifications importantes dans le but précis d'amener le liquide *entre la plaquette de carbure et le copeau* et non plus *sur le copeau* comme cela se trouve être le cas général. Bien que cette nouvelle direction dans la distribution du lubrifiant semble décider de résultats substanciels, il n'est pas encore possible de les chiffrer avec suffisamment de précision.

La réserve de mélange doit être très abondante et le circuit assez long, si l'on veut éviter les phénomènes d'échauffement préjudiciables à la tenue des cotes et aux constantes géométriques de la machine.

Ainsi qu'il a déjà été remarqué, le mélange ne sera pourcenté qu'autant que l'exige l'absence de toute oxydation, tout pourcentage exagéré ayant une action néfaste sur l'échange des calories et ne pouvant qu'activer l'usure de l'outil.

Enfin, selon des informations toutes récentes en provenance des U. S. A., informations non encore contrôlées, un nouveau mélange de lubrifiant de coupe autoriserait une meilleure conservation de l'outil sous des conditions de travail inchangées.

Influence sur les caractéristiques mécaniques de la pièce

Flèche

Il est généralement admis que les effets de dilatation introduits sur la pièce par le travail à sec provoquent des flèches permanentes qui peuvent ne pas avoir entre elles le même axe. Cet effet est surtout marqué quand la dilatation ne peut librement s'exercer et ne trouve pas de contrepartie élastique du côté contrepointe. La lubrification abondante ne peut qu'aider à la non manifestation de la dilatation.

Structure de la surface

Il résulte d'essais Américains (1) que le travail à sec provoque une transformation de l'édifice cristallin de surface. Ce phénomène, maintenant bien connu, s'expliquerait par l'effort élastique en provenance de la coupe, joint à l'élévation locale de la température au point d'enlèvement du copeau.

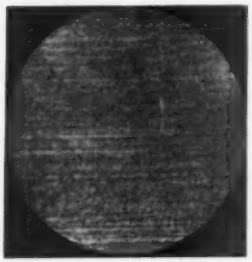


Fig. 14. — Surface shavée (grossissement 40)

Sur certains aciers alliés, ce même phénomène entraînerait un effet de trempe superficielle dont l'action sur l'arête de l'outil aurait un effet accélérateur de l'usure.

(1) A. T. Ghisholm : The characteristics of machined surface. — *Machinery*, juin 1949.

E. G. Herbert, dans des expériences maintenant vulgarisées, a montré et mesuré cet effet de trempe. L'illustration en est fort éloquente et ne manque pas de surprendre par sa précision.

La lubrification apporte à ces anomalies inquiétantes un effet minimisant très prononcé. (2).

Il ressort d'expériences faites sous des débits empruntant de 20 à 25 ch, que la température des copeaux accumulés durant 30 minutes seulement dans le bac récepteur amène différentes perturbations dont la plus perceptible est la gêne éprouvée par l'opérateur lorsque les manutentions normales l'obligent à se rapprocher ou à se pencher au-dessus de l'amas de copeaux. Un thermomètre placé dans l'ambiance à quelques 40 ou 50 mm au-dessus des copeaux accuse une température supérieure à 100° C.

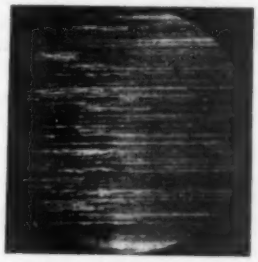


Fig. 15. — Surface chariotée avec une avance de 8/100 par tour (même grossissement de 40).
A l'œil nu, les deux surfaces (shavée et tournée) apparaissent comparables alors que la surface shavée se révèle bien meilleure au binoculaire et sous l'appareil de mesure des surfaces.

Enfin, si ces copeaux, assez finement divisés, sont reçus dans une caisse métallique à parois en tôle d'épaisseur 1,5, un couple *placé à l'extérieur* d'une des parois enregistre dans les 30 minutes de débit une température de l'ordre de 170° C.

Bien que ces expériences soient restées incomplètes quant à l'incidence sur les constantes géométriques de la machine, il est vraisemblable que les phénomènes d'échange doivent, d'une part, perturber les alignements, d'autre part, apporter un sérieux concours dans l'établissement, à échéance, de déformations permanentes.

Recherches sur le positionnement de l'outil

C'est presque un truisme que de dire que l'outil carbure se défend mal contre les vibrations et qu'il est de première nécessité de lui assurer la meilleure assise possible.

Toutefois, la nature même de certains travaux, tels que les alésages, impose des porte-à-faux parfois considérables et il est facile de vérifier que la tenue d'outil subit, par comparaison avec l'outil de chariotage extérieur assurant les mêmes conditions de coupe, une perte obligatoire de durabilité.

(2) A. T. Gisholm : Graphique Ruttmann. — *Machinery*, juin 1949.

Cette différence de comportement dans la tenue montre bien que l'assise de l'outil, son porte-à-faux et, en un mot, sa position contre les réactions de coupe, est nécessairement préférentielle.

En général, les travaux d'alésage accumulant les difficultés, notamment lorsque les pénétrations d'outil excèdent deux à trois mm au rayon, il en résulte une gêne dans la lubrification, dans la formation correcte du copeau, dans le retrait de celui-ci ; ces difficultés croissent avec le rapport diamètre/longueur de l'alésage.

Ces conditions font que les carbures de la classe 1 ne pourront être que rarement utilisés avec profit et il apparaît prudent de faire une place beaucoup plus large aux carbures de la classe 2, moins fragiles et mieux adaptés aux vibrations en provenance du porte-à-faux.

En résumé, les travaux d'alésage demandent à être abordés avec circonspection si l'on veut éviter des déboires et une consommation exagérée d'outils.

Travaux extérieurs

A moins de posséder une très forte section et bénéficier d'un porte-à-faux excluant toute flèche, aussi minime soit-elle, l'outil horizontal du type standard et communément employé sur la majorité des tours ne bénéficie pas, sous des efforts importants, d'une stabilité suffisante.

Travaux à l'envers

Si en quelques cas il est indispensable de concéder un effort de coupe sur des outils inversés, soit parce qu'il s'agit d'outil avant et arrière, soit par d'autres combinaisons du même genre, il en reste que tout tour moderne doit pouvoir satisfaire à toutes les catégories de travaux à l'endroit.

Le préjugé qui veut que certaines opérations, telles que les alésages et saignées, ne puissent convenablement s'exercer que par des outils inversés, est une vieille survivance des défauts du tour à coussinets, qui, après établissement d'un jeu mini, non rattrapé ou non rattrapable, évoluait vers un régime de broutement inacceptable dans les travaux « en l'air ».

Or, les efforts sur outils inversés ont pour premier effet de « rattraper » les jeux normaux ou anormaux entre les surfaces de glissement, ce qui constitue pour l'outil un support élastique très peu souhaitable et ont pour deuxième effet, sous des efforts plus importants, d'obliger le traînard à quitter son prisme de guidage.

En dehors du fait que les tours ne sont pas prévus pour supporter des efforts inversés et qu'il peut, occasionnellement, s'en suivre des ruptures, le trajet suivi par l'outil perd de sa rectitude et la plaquette est soumise à des vibrations qui ne peuvent en aucun cas favoriser sa durabilité.

Quoiqu'il en soit, tous les travaux avec outil unique doivent s'exécuter à l'endroit.

Saignées

Il n'est pour ainsi dire pas possible de saigner économiquement en coupe positive ; la présence du têton central ainsi que l'abaissement considérable de la vitesse de coupe en cette région font que la pointe ne peut résister longtemps à des sollicitations qui procèdent plus du cisaillement pur que de l'écoulement semi-plastique.

Dans cette catégorie de travaux, la coupe négative obtient un plein succès ; ceci s'explique d'une part par le renforcement des angles actifs, d'autre part, parce que le têton central se trouve littéralement cisaillé par une partie de l'outil qui se trouve, suivant la hauteur à laquelle l'outil a été réglé, plus ou moins en arrière de l'arête de coupe.

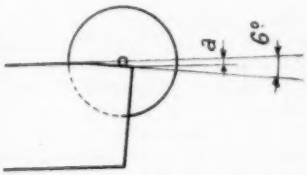


Fig. 16. — Outil de saignée.

Pour cette opération, l'outil à col de cygne — autre survivance du tour à coussinet — devra obligatoirement faire place à l'outil droit, correctement aligné et réglé à — 5/10 environ en-dessous du centre. S'il y a obligation de travailler à l'envers, par suite de combinaisons d'outils, la valeur par rapport au centre changera de signe.

Il reste évident que ce désaxage n'a pas d'autre portée que d'éviter que la hauteur de l'arête coupante ne soit inférieure à celle du centre et de venir ainsi « buter » sur le têton. On devra donc ne rien exagérer, un désaxage trop important amènerait un frottement préjudiciable sur la surface opposée.

La largeur utile de l'outil ne devra pas excéder 6 mm et ne devra pas être inférieure à 3 mm, le carbure étant, pour cette dernière dimension, mal tenu dans son support mi-dur ; une largeur supérieure à 6 mm risquerait d'amener du broutement et ne s'expliquerait pas.

L'avance ne sera pas inférieure à 1/10 par tour, mais pourra, dans certains cas, atteindre 3/10 ; l'avance à la main n'est pas souhaitable, tout arrêt dans le « filage » du copeau introduisant, surtout dans le travail inversé, des perturbations d'axage et l'interruption du copeau.

Enfin, toute opération de saignée ne tolère aucun porte-à-faux excessif de la pièce, les flexions élastiques considérées comme acceptables dans les travaux normaux devenant inacceptables en saignée.

Usure normale des arêtes de coupe avant réaffûtage

De nombreuses expériences pratiques, englobant presque toutes les catégories de travaux avec outils carbure à coupe positive de différentes formes et nuances, montrent qu'il devient dangereux d'excéder une usure de 4 à 6/10 notamment sur le flanc d'attaque. Passée cette limite, le risque de rupture s'accroît dans une proportion qui n'a plus aucun rapport avec le gain qui pourrait *apparemment* résulter d'un service plus prolongé.

De plus, comme l'usure hors limite des arêtes n'est plus proportionnelle dans le temps, il en résulte que prolonger plus que nécessaire la durée de l'outil revient à consentir un affûtage plus coûteux et une perte importante de carbure *sans aucune contrepartie valable.*

La doctrine de l'utilisation pratique, peu ou pas entrée dans les mœurs, voudrait que tout outil à coupe positive soit retiré du circuit en fonction de l'usure de ses arêtes utiles et non, comme cela se trouve être trop souvent le cas, en fonction du réglage où l'élément humain manifeste sa propension naturelle à laisser durer.

C'est précisément contre ce sentiment qu'il faut lutter pour aboutir à la doctrine de l'utilisation en ce qui concerne les limites admissibles de l'usure. Toutefois, cette lutte serait vraisemblablement sans résultats très appréciables si elle ne se doublait de recherches tendant à rendre plus aisées, plus rapides et plus sûres, les opérations de réglage subséquentes à un changement d'outil.

Ce domaine, autrefois en friche, où le marteau décidait de mises à la cote, ne manque plus maintenant de moyens efficaces où les outils tangents et surtout monoblocs peuvent apporter une aide considérable pour peu qu'on leur offre un support suffisamment rigide et indéformable sous les effets thermiques.

CONCLUSION

La technique de l'utilisation des carbures de coupe est encore loin d'une codification — même approchée.

Différents facteurs influent à un degré différent sur le comportement des utilisateurs et jouent également sur des domaines qui ne sont pas de leur compétence directe.

Il en est ainsi des idées sans consistance qui dérivent de la longue utilisation du rapide et qui faussent tout ou partie du problème. Cette attitude, souvent inconsciente, est vraisemblablement l'une des formes les plus irréductibles et des plus graves s'opposant au respect des lois élémentaires d'emploi.

Il en est également ainsi de l'usinabilité des métaux, problème difficile dont l'étude n'est encore qu'à ses débuts et qui complique étrangement les questions de durabilité d'outils, de la sélection des vitesses de coupe et des qualités de surface.

Dans une certaine mesure, il en est de même pour la lubrification de coupe, parfois abandonnée au profit de commodités apparentes, ou jugées sans objet ; ce dernier point se trouvant plus ou moins rattaché aux idées sans consistance dont il est parlé plus haut.

La coupe dite négative ne peut être appliquée sans une analyse très sérieuse. Elle représente vraisemblablement une formule d'avenir ; elle ne prendra son plein essort qu'à la suite de recherches englobant des domaines apparamment séparés, et l'évolution des carbures de coupe est susceptible de lui donner une autre direction.

Néanmoins, l'effort combiné des constructeurs de machines, des techniciens fabricants de carbure, des techniciens utilisateurs à l'échelle industrielle, de certains aciéristes, fera que l'évolution de la technique de coupe passera des errements présents, errements coûteux et parfois décevants, à une connaissance plus sûre, mieux diffusée et de moins en moins discutée.

Il sera alors possible de codifier les éléments les plus essentiels et de discerner, dans l'échec, la part d'incompétence qui, dans l'état actuel, se trouve être rejetée sur l'outil.

L'énorme compétition qualitative entre les différentes marques de carbure, compétition sans aucun précédent, fait que les progrès réalisés sont d'une continuité également sans exemple. Il devient indispensable de savoir choisir *par des essais déterminés* et de ne pas considérer les résultats acquis comme définitifs.

Cette progression qualitative n'exclut pas la mise au point subite d'un « super carbure » capable d'une augmentation spectaculaire des vitesses de coupe (1), ce qui nous obligerait à réviser totalement la conception des machines de débit et à considérer les concepts et méthodes actuels de tournage comme périmés.

A. Le Lan,
Directeur technique
du Département Machines-Outils
Ernault-Batignolles.

(1) F. F. et G. H. Biscacre : The live of carbide tipped turning tools. — Extrait de *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers.*

TRANSMISSIONS

La vie des commandes hydrauliques [1]

La sélection judicieuse des huiles et une étude soignée des mécanismes de commande hydraulique permettent d'assurer une longue durée et un fonctionnement parfait de ces dispositifs, si répandus maintenant dans les machines modernes, dans l'automobile et l'aviation. La présente étude est consacrée à l'utilisation des huiles de pétrole comme fluide hydraulique, et donne les caractéristiques essentielles, les influences auxquelles elles sont soumises en service et leur incidence sur la vie utile des organes. On trouvera également des notes sur les facteurs mécaniques affectant l'utilisation des fluides hydrauliques.

Bien que les huiles d'hydrocarbures ne soient pas le fluide idéal pour les commandes hydrauliques, elles paraissent cependant présenter une supériorité sur tous les autres fluides possibles. L'eau amène de l'usure et de la rouille et ne peut guère être employée que dans des installations de très grande puissance en métallurgie, quand ni l'espace, ni le poids ne comptent et là où le tonnage d'huile nécessaire se révèlerait trop onéreux. Les risques de gel et d'entartrage ne sont pas non plus à négliger.

Les progrès considérables des lubrifiants synthétiques les font employer dans les cas où on craint le feu, du fait de leur point d'inflammabilité très élevé. Cependant, leur prix élevé et l'impossibilité de les employer dans certains dispositifs, tendent à en limiter l'utilisation.

Les fluides hydrauliques doivent être capables d'assurer avec efficacité un long service, sous les conditions les plus sévères, sans changements appréciables de leurs caractéristiques initiales. Il faut donc considérer la nature particulière de ces fluides et l'importance de chaque point particulier. En gros, on peut établir deux grandes divisions : tout d'abord, l'influence des diverses caractéristiques de l'huile sur le système hydraulique considéré et, en second lieu, la contribution de certaines qualités du fluide vis-à-vis des causes de détérioration rencontrées en service.

Viscosité

La viscosité doit être telle qu'elle assure une circulation franche dans les tuyauteries, amenant une réponse rapide des organes commandés, cylindres ou moteurs. Une huile trop épaisse ralentit les commandes, risquant des fausses manœuvres, gaspillant la puissance et créant une élévation de température, qui contribue à une mise hors service rapide du fluide. D'autre part, le démarrage à basse température avec une huile trop épaisse risque de créer un phénomène de cavitation dans les pompes, amenant une marche par à-coups et une détérioration mécanique rapide.

Si l'huile est trop fluide, il en résulte avant tout des pertes excessives. Les fuites internes, appelées *glissement*, se multiplient entre les stators et les rotors de pompes, ainsi qu'entre les parties sous pression et en dépression des pistons, vannes et clapets. Ce fait est encore plus sensible avec les pompes à débit variable où toute diminution de l'efficacité volumétrique doit être compensée par une course augmentant la demande d'énergie. Il en résulte l'impossibilité d'utiliser à plein les capacités de l'appareillage.

Indice de viscosité

Si la viscosité de l'huile doit être appropriée aux températures normales de travail, le fluide hydraulique doit aussi posséder un indice de viscosité minimisant les à-coups des démarrages à froid. Il ne faut d'ailleurs pas exagérer l'importance de ce point, sauf dans les cas de fonctionnement à très basse température. Dans des conditions normales, la température d'un dispositif de commande hydraulique s'établit rapidement aux environs de 55° C, et toutes les bonnes huiles de viscosité courante ne présentent qu'une très faible différence d'indice à cette cote. Seule la mise en route demande des précautions, quand la température ambiante se rapproche de 0° C. Certaines machines à commande hydraulique, très sensibles aux variations, comme les polisseuses à grande vitesse et autres machines rapides, souffrent des retards apportés par un indice de viscosité mal approprié, sans compter les graves détériorations auxquelles sont exposées les pièces fixes et en mouvement des pompes et vannes.

C'est pourquoi, dans certains cas, on fait appel à des correcteurs, baptisés *Improvers* par les Américains, qui sont des hydrocarbures à longue chaîne, ayant eux-mêmes un indice de viscosité très élevé. Ils régularisent de façon sensible les variations de viscosité des huiles

(1) *Machine Design*.

et trouvent leur emploi dans tous les cas où le système hydraulique est soumis à des variations considérables de température, comme dans les avions. Cependant ces hydrocarbures à longue chaîne ont une fâcheuse tendance à la dissociation par de fréquents passages dans des orifices très étroits, comme on en rencontre souvent dans les commandes par fluide. C'est pourquoi ils sont peu employés dans les installations fixes.

Point de congélation

Cette caractéristique ne présente pas de difficultés puisque toutes les huiles employées ont un point de congélation inférieur à 0° C. Seuls, les emplois dans l'aviation nécessitent des qualités spéciales en raison des très basses températures susceptibles d'être atteintes.

Le film d'huile

Il est évident que le film d'huile entre les pièces mécaniques, paliers, butées, pistons, etc.., doit résister aux conditions d'emploi les plus dures, tant par la chaleur que par la pression développées, afin de prévenir l'usure. Celle-ci produit les mêmes effets qu'une huile trop fluide : glissement, pertes de pression, élévation de la température, disparition de la viscosité de l'huile ce qui augmente l'usure, c'est-à-dire qu'on tombe dans le cercle vicieux par excellence. Les correcteurs peuvent améliorer la situation, si l'état mécanique est encore bon, en assurant le film protecteur permanent et durable.

Stabilité chimique

Cette caractéristique est l'une des plus difficiles à expliquer dans les huiles de pétrole. On peut sommairement la définir comme la faculté de l'huile à résister à une combinaison avec l'oxygène amenant des gommes et des boues. Cette oxydation et les boues qui en résultent sont une des sources principales des défauts des commandes hydrauliques. Le modeste cadre de cet exposé ne nous permet pas de discuter ce phénomène. Il faut cependant attirer l'attention sur les causes de l'oxydation de l'huile, pour éviter de graves ennuis aux utilisateurs.

Pour qu'il y ait oxydation, il faut un contact intime avec l'oxygène. Or les huiles minérales ont tendance à absorber l'air, tendance variable avec la pression et la température. A titre indicatif, sous la pression atmosphérique, un litre d'huile dissout 100 cm^3 d'air à 25° C. A la même température, mais sous une pression de 14 kg/cm^2, un litre d'huile dissoudra 1 440 cm^3 d'air. Les sources de rentrée d'air sont nombreuses et il faut chercher à les éliminer : connections mal faites, pompes non étanches, niveau insuffisant dans le réservoir d'huile découvrant partiellement l'ajutage d'alimentation, etc.

Le taux d'oxydation croît rapidement avec la température. Celle-ci, dans les conditions normales, se tient entre 38° et 46° C dans les dispositifs à niveau constant avec réservoir en charge. Mais dans d'autres systèmes, comme celui à volume constant, des surcharges prolongées, des manœuvres fréquentes de passage de l'huile dans les diaphragmes de petit calibre, peuvent élever la température aux environs de 90° C. On appréciera le fait si l'on se souvient que le taux d'oxydation de l'huile double *pour chaque augmentation de 10° C* au dessus de l'ambiance.

En dehors de l'oxydation proprement dite, il y a des causes multiples de détérioration du fluide. Tout contact métallique amène de la chaleur, qu'il faut éliminer au maximum. Les contacts métalliques sont inévitables : pompes à engrenages, pistons, vannes, etc. Une autre cause réside dans les *promoteurs d'oxydation* que sont les poussières atmosphériques ou industrielles, de même que les fûts sales employés trop souvent pour le transport des huiles. On a souvent incriminé la rouille, mais il semble qu'elle n'agit guère qu'au moment de la mise en service d'une installation neuve, dont certains éléments ont été stockés un certain temps avant utilisation. Il en résulte des obstructions de filtres, des émulsions dans les pompes, mais on peut les éviter par l'utilisation d'huiles ayant des qualités d'inhibition de la rouille et par une première vidange rapide du système après la mise en route.

Plus grave peut être la présence d'eau, amenant des émulsions qui réduisent les qualités du lubrifiant dans les parties mobiles, crée de la rouille et accélère l'oxydation. Des boues se forment, collant les segments de pistons, empêchant les vannes de bien se fermer, bouchant les canalisations et risquant ainsi une mise rapide hors service. Il faut donc prendre toutes précautions pour éviter cette contamination en surveillant les fuites possibles des radiateurs de refroidissement, l'humidité atmosphérique pénétrant dans les réservoirs et la parfaite siccité des fûts alimentant le système.

Additions aux huiles et inhibiteurs d'oxydation

Avant guerre, on admettait que des huiles turbine de qualité sélectionnée donnaient entière satisfaction. Cependant, un service extrêmement dur à pleine charge, une main d'œuvre réduite ou moins entraînée pour l'entretien, ont montré que les meilleures huiles présentent rapidement de l'oxydation, créant dépots et rouille. On a donc envisagé des additifs qui ont trois objets :

— servir d'inhibiteurs d'oxydation ;

— réduire la rouille ;

— réduire l'usure.

L'oxydation peut avoir deux résultats fâcheux : l'un réside dans la formation de matières acides, pouvant attaquer les métaux, l'autre dans la création de grandes molécules accroisant la viscosité et déposant une sorte

de couche laquée sur les surfaces, le reste de l'huile se décomposant en boues épaisses. Il faut déterminer *l'indice d'acidité* par le nombre de milligrammes de KOH nécessaires pour neutraliser un gramme d'huile. Les inhibiteurs d'oxydation interrompent la réaction en chaîne, empêchant l'oxydation de se développer.

Un bon inhibiteur ajouté à une huile ordinaire donnera de bons résultats pendant la période initiale, mais ne permettra guère de dépasser le temps utile de service de l'huile considérée. Mais un inhibiteur soigneusement choisi et ajouté à une huile de haute qualité donnera un fluide très durable et possédant une excellente stabilité chimique. L'Association américaine d'essai des matériaux (A. S. T. M.) a fixé des normes très précises pour les essais à faire subir aux huiles et aux inhibiteurs. En dehors des caractéristiques chimiques à déterminer en laboratoire, elle s'attache à des essais de longue durée sur du matériel en service à une pression de 80 kg/cm² pendant 1 000 heures et à une température de 80° C. De récents essais montrent que des huiles additionnées ayant tenu 1 000 heures peuvent être maintenues en service continu pendant 2 500 heures.

D'autres produits d'addition sont également employés comme inhibiteurs de rouille et leur combinaison avec ceux prévus contre l'oxydation donne un film d'huile particulièrement résistant pour le graissage des parties métalliques tournantes ou glissantes en contact.

Les appareils de commande

Si nous avons donné jusqu'ici toute son importance au problème du fluide hydraulique, il ne faut cependant pas oublier le matériel d'utilisation qui, s'il est mal conçu, ne donnera que de mauvais résultats, malgré la qualité de l'huile en circuit.

Un défaut fréquemment relevé est celui de réservoirs d'huile trop petits. En règle générale, le réservoir doit avoir un volume correspondant à deux fois la valeur du débit en litres/minute de la pompe actionnant la commande. Un autre défaut réside dans les réservoirs à fond plat : un fond conique facilite le dépot des impuretés. Il manque souvent des déflecteurs dans les réservoirs, destinés à empêcher la turbulence et à faciliter le dépot des impuretés par gravité.

De bons filtres sont naturellement indispensables et doivent pouvoir arrêter les particules indésirables même microscopiques, et être aisément nettoyables.

La communication des réservoirs avec l'atmosphère extérieure doit être protégée par un filtre à air efficace pour éviter, non seulement la contamination de l'huile par des particules poussièreuses, mais aussi toute cause d'oxydation. Les couvercles doivent être munis de joints parfaitement étanches. Au point bas, il ne faut jamais omettre un bassin de décantation facile à vidanger. Il faut aussi se méfier, dans les commandes de machines-outils, des projections d'huile de coupe qui contaminent rapidement le fluide.

Les matières employées pour les canalisations et pour les joints doivent être naturellement inertes vis-à-vis de l'huile employée, et leur montage doit être fait avec grand soin pour éviter que des débris résultant de leur usinage ne risquent pas d'être entraînés dans le système.

Les paliers de pompes lubrifiés à la graisse du côté extérieur doivent être surveillés pour qu'aucune particule de graisse ne puisse pénétrer dans le corps. Les presse-étoupe doivent donc être toujours en parfait état.

Les précautions les plus élémentaires, mais qui sont souvent négligées sont :

— La surveillance des niveaux pour éviter les entrées d'air.

— L'absence de vibrations, qui desserrent peu à peu les joints, causent des pertes d'huile et des rentrées d'air. Il faut employer des raccords souples à grand rayon et, dans le cas de haute pression, utiliser la soudure en proscrivant les serrages de tuyauteries par colliers.

D. Y. G.

Utilisation de la puissance d'un moteur de machine-outil [1]

Un moteur de machine-outil choisi pour une marche à puissance P_n constante et continue ne rend plus le maximum de service lorsqu'on lui demande des puissances différentes ou un service discontinu. Dans ces cas particuliers il est inutile sinon nuisible de choisir un moteur de puissance P_n. Il faut choisir un moteur de puissance P'_n, dite puissance thermiquement équivalente ; c'est celle qui donne le même échauffement que pour un service discontinu. C'est l'étude du rapport P_n/P'_n qui permet de fixer le choix du moteur.

Pour déterminer P'_n il faut se donner le cycle de fonctionnement de la machine (fig 1) où l'on a porté en abcisses les temps et en ordonnées les puissances effectivement dépensées. Avec une bonne approximation pratique la puissance équivalente est donnée par :

(1) *Bulletin C. E. M.*

$$P'_n = \sqrt{\frac{P_1^2\ t_1 + P_2^2\ t_2 + \ldots\ldots + P_n^2\ t_n}{t_1 + t_2 + t \ldots\ldots\ t}}$$

Ce cycle théorique qui se rencontre très peu fréquemment dans la pratique est remplacé le plus souvent par un cycle représenté par le graphique de la figure 2.

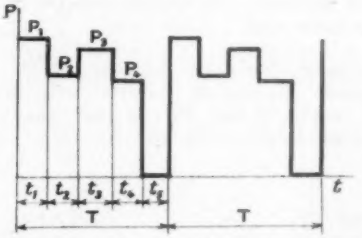


Fig. 1. — Exemple du cycle de fonctionnement.

En supposant que le démarrage s'effectue à courant constant et que l'échauffement soit uniquement dû aux pertes joule on a :

$$P = \sqrt{\frac{t_1\ P_1^2 + \frac{1}{3}\ t_2\ (P_2^2 + P_3^2 + P_2\ P_3) + t_3\ P_4^2}{T}}$$

avec $T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

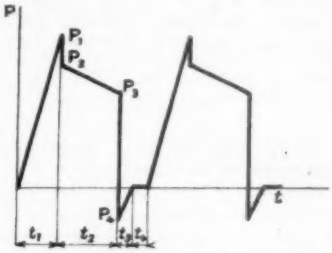


Fig. 2. — Cycle de fonctionnement comprenant un démarrage et un freinage.

Pendant les périodes de démarrage, la ventilation s'effectue moins bien ; on introduit alors une correction en prenant :

$$T = \frac{2}{3}\ t_1 + t_2 + \frac{2}{3}\ t_3 + \frac{1}{3}\ t_4$$

Discussion

Si P'_n est plus petit que P_n il n'y a pas de difficulté ; cependant si P'_n est notablement inférieur à P_n le moteur fonctionne dans de mauvaises conditions. Le remède consiste à coupler le moteur en étoile, à condition qu'il soit initialement couplé en triangle. Cependant ce remède amène une désaturation du moteur qui diminue le couple de démarrage ; pour utiliser ce procédé il faut donc s'assurer que le couple de démarrage reste acceptable.

Si P'_n est égal à P_n il n'y a pas de difficulté.

Si P'_n est supérieur à P_n le moteur ne devrait pas être mis en service. Cependant le temps d'échauffement n'est pas négligeable et s'il est supérieur au temps total de fonctionnement du moteur, il n'y a aucun inconvénient à se servir de ce dernier de façon ménagée. Il suffira de savoir interpréter les courbes donnant la valeur du rapport P'_n/P_n en fonction du temps.

Il ne faut cependant pas appliquer les formules précédentes sans discernement. Il faut d'abord s'assurer que la puissance maximum au cours du cycle ne dépasse pas la puissance que le moteur ne peut fournir sans risque de décrochage. Il faut encore s'assurer que la variation de vitesse résultante reste compatible avec le fonctionnement désiré de la machine-outil.

Pour les moteurs en court-circuit les démarrages fréquents imposent une courbe d'échauffement bien particulière.

Il faut bien se garder de remplacer un moteur par un autre plus puissant dans l'espoir que le couple étant plus important le démarrage soit plus rapide et par suite l'échauffement moindre. Comme le couple varie comme la 4e puissance des dimensions linéaires et que l'inertie varie comme la puissance 5, un moteur plus gros sera donc amené à chauffer plus.

Lorsqu'on ne peut malheureusement pas définir un cycle on peut mesurer la puissance nécessaire à vide P_o et la puissance moyenne P_m. On définit :

— le facteur de marche à vide $f_v = \frac{P_o}{P_n}$

— le facteur moyen en charge $f_m = \frac{P_m}{P}$

La puissance thermiquement équivalente peut se calculer par

$$P = P_n \sqrt{f_m\ (f_o + 1) - f_v}$$

Si le moteur fonctionne en régime variable on définit un facteur de marche

$$f = \frac{t_m}{T}$$

La puissance thermiquement équivalente est

$$P' = P \sqrt{\frac{f}{f\ (1 - x) + x}}$$

x est un coefficient dépendant de la ventilation et variant de 0,66 pour les moteurs mal ventilés à 0,33 pour les moteurs bien ventilés.

B. S.

USINAGE

TOURNAGE DES PORTÉES DE BIELLES DE VILEBREQUINS

Nous répondons ci-dessous à la question suivante posée par un de nos abonnés (1) *:*

Pour façonner au tour les arbres-manivelles de moteur Diesel, nous les faisons entre-pointes, mais par suite de la pression exercée par le serrement, il n'est pas possible de construire concentriques, l'un avec l'autre, le tourillon avec son axe (cela saute).

Je désirerais savoir comment il serait possible de façonner au tour pour éliminer ce défaut et avoir un système plus pratique et plus précis ?

B. C.

Votre question comporte en elle la réponse : Comme c'est la poussée axiale qui cintre le vilebrequin, il faut supprimer cette poussée.

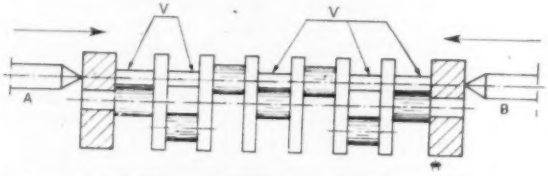


Fig. 1. — Les vérins *V* s'opposent à la poussée des pointes *A* et *B*.

J'ai eu l'occasion d'essayer différents moyens. On peut disposer des vérins entre les manetons, pour prendre directement la poussée, mais ceux-ci sont très diffi-

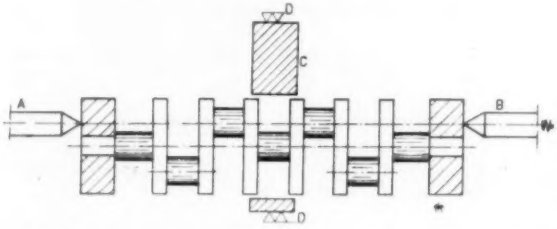


Fig. 2. — Le disque *C*, tournant dans une lunette *D*, maintient le vilebrequin et l'empêche de fléchir sous la poussée des pointes *A* et *B*.

ciles à régler et souvent, on n'a pas la place de les mettre (fig. 1).

On peut monter une lunette sur un anneau, puis sur le vilebrequin près de la portée à usiner (fig. 2). Cet anneau est difficile à centrer et à fixer au vilebrequin. Il a forcément un grand diamètre et chauffe à cause du frottement.

La meilleure façon de procéder est de supprimer cette poussée. Au lieu de travailler avec des cimblots avec des centres, il faut fixer le vilebrequin au plateau et supporter l'autre bout sur un autre plateau qui

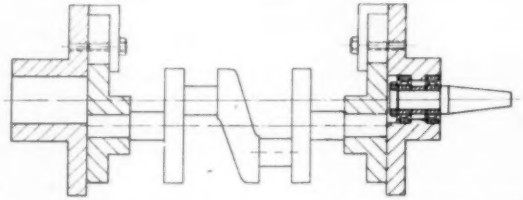


Fig. 3. — La contre-pointe est munie d'un plateau monté sur roulements à rouleaux avec un léger jeu axial. Le vilebrequin, pris entre deux plateaux ne subit aucune poussée.

tourne sur le nez de la contre-pointe sur des roulements à rouleaux (fig. 3). Pour obtenir très correctement les angles entre les différents manetons, il est bon d'utiliser des cimblots avec des fraisages plans

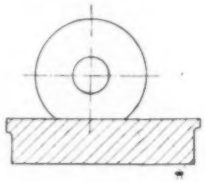


Fig. 4. — Des plats sur les cimblots permettent de les orienter avec précision.

qui permettent de s'orienter sur un marbre, de façon que les départs soient bien parallèles (fig. 4). Les plats des cimblots serviront à les orienter sur la machine même.

Il faut équilibrer le poids du vilebrequin, la moitié sur le plateau du tour, l'autre moitié sur le plateau de la contre-pointe. Cet équilibrage ne peut pas se faire par tâtonnements, mais doit être calculé. On pèse le vilebrequin. Soit P son poids. Si c est sa course, le couple de déséquilibre est $P\,c$. Nous disposons donc sur les deux plateaux des poids P à des distances d de telle façon que

$$2\,P\,d = P\,c$$

Sur beaucoup de tours à vilebrequins et sur la plupart des rectifieuses, on a des poupées mobiles à entraî-

(1) Voir la rubrique : Nos abonnés se documentent entre eux ; question parue sous le n° 8089. *La Pratique des Industries Mécaniques*, t. XXXIII, n° 11 (novembre 1950) p. VI.

nement supplémentaire. On appelle ces machines des tours ou rectifieuses à double entraînement (l'un à partir de la poupée fixe, l'autre à partir de la poupée mobile). Cette disposition ne peut que très difficilement être ajoutée à une machine existante. Il faut donc s'en passer, même si quelques vibrations pouvaient en être

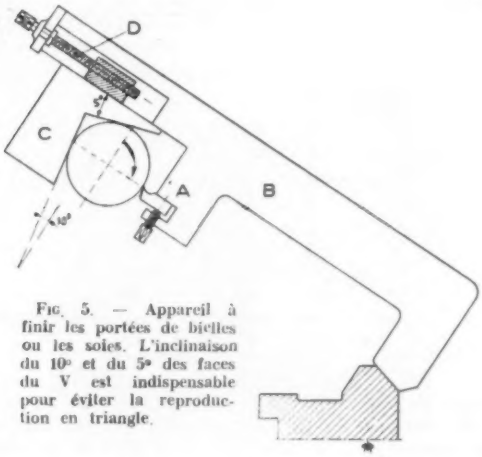


Fig. 5. — Appareil à finir les portées de bielles ou les soies. L'inclinaison du 10° et du 5° des faces du V est indispensable pour éviter la reproduction en triangle.

la conséquence. J'ai trouvé qu'il était très difficile d'obtenir au tour un état de surface convenable, ce qui m'a conduit à réaliser l'outillage suivant (fig. 5).

Un porte-lame *A* est fixé solidement sur une barre *B*, dont le bout est muni d'une glissière en queue d'aronde, qui porte une lunette *C*, en forme de *V*, en bronze dur. Celle-ci peut être déplacée par la vis à pas assez fin *D*. L'autre extrémité de la barre forme une jambe de force qui prend appui sur le bord du banc de tour. On règle soigneusement la lunette et la lame au moyen d'un tampon cylindrique rectifié avec précision. L'arête tranchante de la lame doit être parfaitement rectiligne. Le meilleur acier pour fabriquer cette lame est un acier fondu spécial utilisé pour canneler des cylindres de sucreries en fonte trempée et qui peut être fourni par Jacob Holtzer avec toutes les indications pour le traiter.

L'outillage est posé sur la soie à finir, comme le montre la figure 5. On met le tour à une vitesse correspondant à une vitesse de coupe de 1 à 2 m/mn puis on tourne la vis pour faire avancer la lunette de 0,03 à 0,06 mm par tour de pièce, jusqu'au moment où on est arrivé à la position exacte qui était celle du réglage sur le tampon. Il faut laisser faire plusieurs tours à ce repère, et la soie obtenue est glacée comme si elle était rectifiée et superfinie. Le meilleur liquide de coupe pour cela est l'huile soluble bien grasse. On peut usiner ainsi des vilebrequins traités à plus de 110 kg/mm². Ce que nous venons de dire des portées de bielles est naturellement aussi vrai des soies, avec la différence que l'équilibrage devient inutile.

J. P.

L'USINAGE DES ACIERS RÉSISTANT A LA CORROSION (1)

Parmi les aciers inoxydables les plus couramment employés, on distingue trois types :

Le premier est ferritique, magnétique, demande un polissage soigné et un traitement thermique, mais ne prend pas la trempe. Sa teneur en chrome va de 11,5 à 27 %, et celle de carbone de 0,08 à 0,35 %. Par exemple, on utilisera un alliage très faible en C, avec 12,5 % Cr pour les pales de turbine ou des tiges de pompe, tandis qu'en coutellerie, on ira jusqu'à près de 1 % de C.

Le second type est un acier inox martensitique, contenant de 0,15 % C, 4 à 18 % Cr, 0 à 2,5 % Ni. Ces aciers sont magnétiques et prennent la trempe.

Le troisième type est austénitique, non magnétique, ne prenant pas la trempe, contenant 0,08 à 0,25 % C, 16 à 26 % de Cr et 6 à 22 Ni.

L'effet des éléments d'alliage dans les aciers inoxydables est avant tout de leur conférer de la résistance aux hautes températures. Au contraire, les aciers perlitiques, même fortement alliés, sont rarement utilisables aux températures dépassant 650° C. Dans le groupe ferritique, le chrome affine le grain, augmente la résistance à la traction et la limite élastique sans perte de ductilité et fait croître la résistance à l'usure. Le chrome diminue l'usinabilité en augmentant la dureté. On peut d'ailleurs y remédier par recuit.

Dans les groupes austénitique et martensitique, le nickel donne de la ténacité sans fragilité. Pour faciliter l'usinage, on y ajoute jusqu'à 0,25 % de sélénium et de tellure, et 0,5 % de sulfure de zirconium. La fragmentation des copeaux n'en est que meilleure.

Parmi les problèmes qui se posent, il faut citer la tendance à l'écrouissage pendant le travail. Mais, comme il faut des vitesses de coupe élevées, ces deux facteurs entrent en conflit. Ce fait oppose souvent le métallurgiste et le mécanicien sans compter les exigences de l'utilisateur pour le produit fini. Une grande résistance s'associe d'ordinaire avec une grande dureté et une faible ductilité. Une résistance plus faible donne une dureté diminuée et une ductilité augmentée. On exige ainsi souvent du métallurgiste des combinaisons opposées de propriétés physiques, les unes favorisant l'usinage, les autres indispensables à la pièce finie.

(1) *The Tool Engineer*

Les aciers inox ferritiques ont en général les mêmes caractéristiques d'usinage que les aciers au carbone correspondants. Par exemple, l'alliage à 18 % de Cr, trempé à 955° C, sera facilement usiné avec des outils à carbure rapporté, mais on obtiendra de meilleurs résultats sous la forme écrouie ou par écrouissage suivi d'un recuit.

Les groupes martensitiques et austénitiques sont plus difficiles à travailler. Toutes les causes d'écrouissage sont à éviter et les outils doivent être toujours parfaitement affûtés. On les usine à grosses passes et à mi-vitesse de celle employée pour les aciers au carbone courants. Dans le perçage, les forets standard ne peuvent être utilisés qu'avec une dépouille modifiée, le corps parfaitement poli et un arrosage abondant au point d'attaque. On ajoute souvent au liquide de coupe une

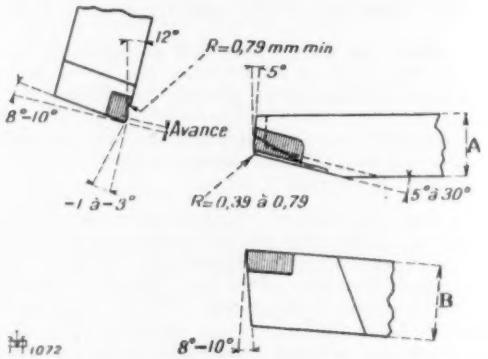


Fig. 1. — Outil de coupe simple pour l'usinage de l'acier inoxydable.
A : Queue d'outil aussi large que possible.
B : Queue d'outil aussi épaisse que possible.

huile grasse sulfo-chlorée ou une huile soluble à forte viscosité. Il faut éviter à tout prix les écaillages qu'il faut enlever au jet de sable ou par certaines solutions décapantes comprenant de l'acide nitrique et de l'acide fluorhydrique dilué dans de l'eau. Il ne faut pas omettre le nettoyage parfait après recuit. On évitera les chances d'écrouissage par un recuit de 1 010° à 1 180° C suivi d'un refroidissement à l'air ou à l'eau. Des températures de recuit inférieures à 950° C doivent être évitées en raison de la précipitation des carbures. Des températures trop élevées ou des recuits trop prolongés augmentent le grain, donnant une surface grossière, genre *peau d'orange*, et souvent une tendance à l'écaillage. Si la pièce à recuire présente des parties délicates risquant de subir des distorsions, on procèdera à un recuit local à l'aide du chalumeau oxy-acétylènique. Si l'on ne peut procéder à un recuit local ou général pour supprimer l'effet d'écrouissage, on peut meuler légèrement avec un grain fin et arrosage abondant. Un enlèvement de 0,25 mm rendra au métal son usinabilité normale.

Le porte-outil devra être aussi massif que possible et très rapproché du point d'attaque. L'angle de coupe de l'outil sera presque nul ou légèrement négatif.

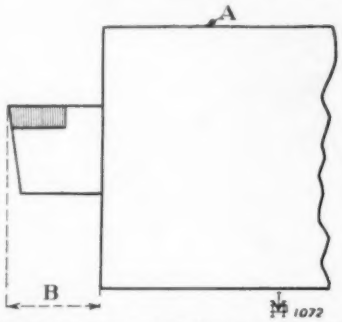


Fig. 2. — L'outil doit être engagé dans le porte-outil aussi près que possible du point de coupe.
A, Porte-outil. — *B*, Minimum de porte-à-faux.

L'angle de tête des forets sera diminué à 105° et la dépouille classique de 12° sera ramenée à 8° par meulage. Leur vitesse sera au plus des deux tiers de la vitesse normale utilisée pour l'acier doux.

Les figures 1, 2 et 3 montrent les profils d'outils utilisables dans l'usinage des aciers inoxydables. Compte tenu des angles donnés, d'un affûtage parfait, de l'absence d'écrouissage, de porte-outils aussi massifs que

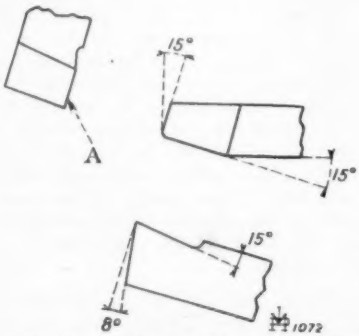


Fig. 3. — Forme type d'un outil en acier rapide pour l'usinage de l'acier inoxydable.
A. Pas de dégagement latéral.

possible et de queues d'outils larges sortant le moins possible du porte-outil, avec un liquide de coupe abondant et amélioré, l'utilisateur travaillera les aciers inoxydables avec les meilleurs résultats.

D. Y. G.

LES MACHINES QU'IL FAUT CONNAITRE

MACHINE A POINTER PRATT & WHITNEY N° 4 E

On connait les machines à pointer *Pratt et Whitney* à un montant comme les machines-types de cette catogérie, ayant servi de modèle à tous les autres constructeurs américains et britanniques. Elles diffèrent sensiblement

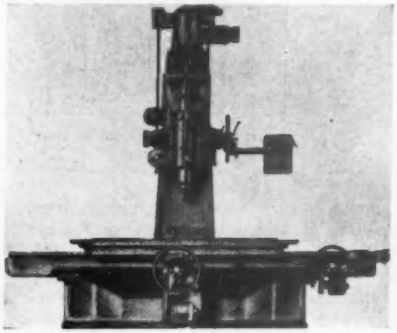


Fig. 1. — Machine à pointer *Pratt et Whitney 4 E*. Vue de face.

du type suisse conçu par la *Société genevoise d'Instruments de Physique* et construite également par *Hauser* qui en avait donné une licence au constructeur allemand *Hille* ; ces machines sont à deux montants et traverse.

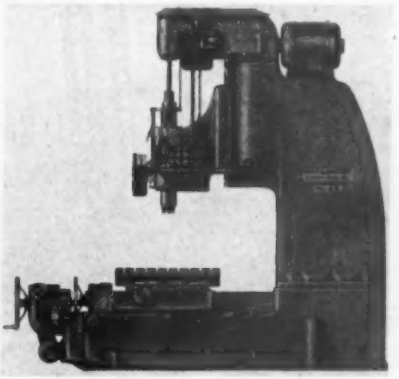


Fig. 1 bis. — Machine à pointer *Pratt et Whitney 4 E*. Vue de profil.

Nous n'allons pas nous lancer ici dans une controverse sur ces deux solutions, mais il faut reconnaître que la machine du type *Pratt et Whitney* permet, pour sa taille, le passage de pièces plus grandes et pourrait bien être plus maniable pour certains travaux.

Le n° *4 E* (fig. 1 et 1 bis) est la machine à pointer la plus grande et aussi la plus récente de ce constructeur. Sa table mesure 900 mm de largeur et 1,800 m de longueur, avec plateau circulaire incorporé facultatif de 1,200 m de diamètre. La plus grande hauteur de pièce pouvant passer sous la broche est de 825 mm, mais on prévoit des types spéciaux de 0,975, 1,075 m et 1,175 m. Cette machine semble donc bien être la plus grande machine à pointer qu'on trouve aujourd'hui sur le marché.

Ces dimensions ont conduit le constructeur à renoncer à la classique mesure avec les vis ou avec des cales et des comparateurs, pour une construction tout à fait nouvelle. Celle-ci est dérivée des jauges comparateurs, bien connues, où la mesure d'une longueur est transformée en une mesure électrique, celle de la réluctance d'un circuit magnétique à entre fer variable (fig. 2).

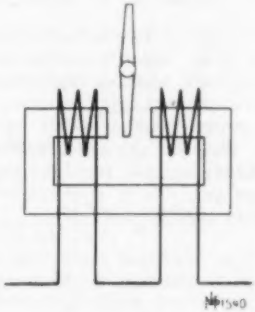


Fig. 2. — Comparateur de profil.

L'avantage de cette conception est la possibilité d'une amplification illimitée qui permet de lire le zéro sur une très grande échelle et de s'affranchir ainsi de l'adresse ou du jugement de l'opérateur.

La réalisation du dispositif de positionnement de la machine à pointer *Pratt et Whitney* n° *4 E*, basée sur le principe que nous venons de mentionner, découle du schéma de la figure 3. Le long des glissières longitudinales de la table et de celles de la coulisse transversale, on a disposé des crémaillères *A*, en acier à grande perméabilité magnétique, et solidaires de la partie fixe. Les crans de ces crémaillères sont distants de 1 pouce (25 mm) pour les machines aux dimensions anglaises et 2 cm pour les machines métriques. Solidaire de la table, se trouve un équipage semi-mobile *B*, comportant un électro-aimant, dont le circuit magnétique peut se

fermer avec deux des dents de la crémaillère *A*. Il est évident que, quand *B* se trouve exactement en face de deux dents de *A*, la réluctance du circuit magnétique est minimum, ce qu'accusera, après amplification, un galvanomètre. L'équipage *B* peut être déplacé par une vis micrométrique *C* avec vernier, pour indiquer les

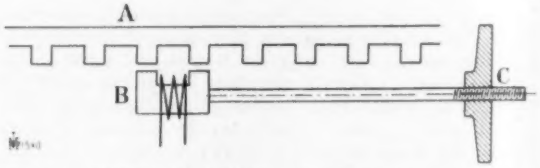


Fig. 3. — Principe du dispositif de mesure de la machine à pointer *Pratt et Whitney*.

fractions décimales de pouce ou de cm. On voit que l'opérateur devra travailler de la façon suivante : Il réglera d'abord la fraction de pouce avec la vis micrométrique ; puis il déplacera, d'après la règle extérieure, la table du nombre entier de pouces prévu et de la fraction restante, en regardant le galvanomètre ; enfin il saura qu'il est exactement en place quand l'aiguille du galvanomètre indique zéro.

Quand les premières machines à pointer *Hydroptic* ont fait leur apparition, on ne manquait pas de faire remarquer que les règles graduées ne s'usaient pas, alors que les vis devaient être contrôlées de temps en temps, pour retoucher les règles de correction. Comme dans le cas de l'*Hydroptic*, la machine *Pratt et Whitney* n° *4 E* possède un organe de mesure qui ne s'use pas, car la crémaillère *A* n'est jamais en contact direct avec la pièce *B*.

Une deuxième nouveauté de cette machine se trouve dans le guidage du fourreau, assuré par roulements à billes. C'est, après la rectifieuse *Bryant*, la deuxième application de ce genre sur une machine-outil. Ces roulements à billes sont pré-chargés ; le fourreau se déplace donc avec un jeu nul et à peu près sans frottement. Nous supposons que la disposition des billes est celle de la figure 4. Le fourreau *A* est cylindrique lisse, naturellement très dur, soit cémenté trempé, soit nitruré. La douille *B*, également très dure, comporte des plages d'appui des billes *I* et des évidements de retour *II*. Aux endroits correspondant à *I*, la distance du fourreau à la douille est de quelques microns plus faible que le diamètre des billes, ce qui produit la pré-charge ; aux endroits qui correspondent à *II*, la distance est de quelques centièmes de mm plus forte que le diamètre des billes. Celles-ci peuvent donc coulisser sans frottement appréciable. Solidaire de la douille *B* nous trouvons une chemise-guide *C* dans laquelle sont découpés des chemins à billes fermés. Quand le fourreau descend, les billes dans *I* roulent dans la douille *B* et descendent à la moitié de la vitesse de *A* ; comme le canal entier est garni de billes, celles-ci remontent

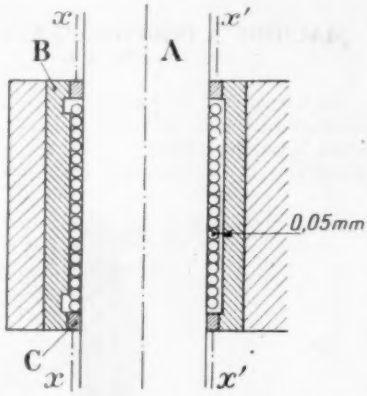


Fig. 4. — Principe du montage sur roulement à billes du fourreau.

dans la partie *II* et font ainsi un circuit fermé. Pour ne pas marquer à la longue, les chemins *I* sont légèrement en hélice.

Les commandes de la machine comportant les différents volants à main et les boutons-poussoirs pour la rotation de la broche (12 vitesses en une boîte, de 30 à 1500 t/mn), pour les avance du fourreau (0,0125 à 0,375 mm) par tour de broche, par boîte mécanique pour

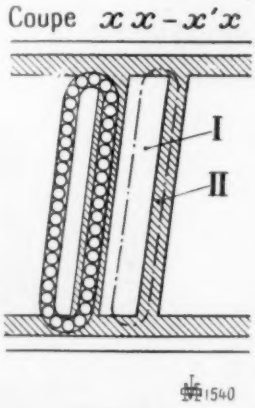


Fig. 5. — Coupe suivant xx, x'x' (Voir la figure 4)

les déplacements de la table pour le passage (25 à 325 mm/mn variation progressive) et les déplacements rapides (1,500 m/mn). On remarquera que, comme nous le préconisons depuis longtemps, les avances de fraisage sont en mm par minute, celle du perçage et d'alésage en mm par tour de broche.

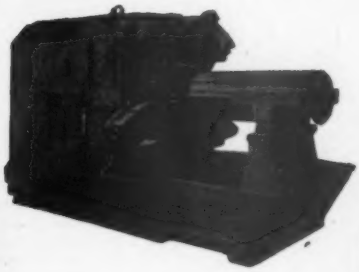
La machine, très robuste, pèse environ 15 tonnes.

J. P.

NB

SPÉCIALISTE DES MACHINES DE

GRANDE PRODUCTION



TOURS AUTOMATIQUES A MANDRINS

16 modèles différents à outils ou pièces tournantes 4-6-8 broches. Dimension des mandrins jusqu'à 12". - Précision de montage des broches 1/100e de mm.

Autres fabrications :

Les Tours Automatiques à Barres, et les Machines à Aléser de Précision.

New Britain Gridley

MACHINE DIVISION

NEW - BRITAIN ★ CONNECTICUT (U.S.A.)

AMTEC-FRANCE

31, RUE DU ROCHER - PARIS - 8e, TÉL. : LAB. 66-18

il y a un problème de protection pour tout

Il y a une solution "PARKER" pour chaque problème de protection des surfaces métalliques contre la corrosion

Protection - Déformation à froid
Dégraissage - Dérouillage - Métallisation

PROCÉDÉS CHIMIQUES :

Le PARKERISATION phosphatation profonde pour la protection des métaux ferreux.

Le BONDERISATION phosphatation légère pour convertir les surfaces métalliques en une base d'accrochage anti-rouille pour les peintures de finition ou faciliter les déformations à froid.

PARCOLUBRITE : traitement des surfaces frottantes.

Le PROTALISATION pour la protection des métaux et alliages légers.

Le PASSIVATION pour la préparation du métal avant peinture.

TRAITEMENTS ÉLECTROLYTIQUES :

L'UDYLITE BRIGHT NICKEL permet l'obtention directe d'un dépôt brillant de nickel et supprime tout ovivage.

L'UDYLITE CADMIUM ou ZINC pour la protection et la décoration des métaux ferreux et cuivreux.

L'UDYTAL, nickelage brillant direct sur aluminium.

25 ANS D'EXPÉRIENCE !

SOCIETE CONTINENTALE PARKER

40-42, rue Chance-Milly, CLICHY (Seine) Tél. Perrire 57-30

AUANVIC 23

ASSOCIATION FRANÇAISE DE CONSTRUCTEURS DE MACHINES-OUTILS
AFMO
63, Rue La Boëtie, PARIS (8e) · Tél. ÉLY. 30-40

ASSOCIATION FRANÇAISE DE CONSTRUCTEURS DE MACHINES-OUTILS
AFMO
63, Rue La Boëtie, PARIS (8e) · Tél. ÉLY. 30-40

Ce qui se publie à l'étranger

CHAUFFAGE INDUSTRIEL

Four d'essai à 2200° C. *Metal Progress*, 1951, 59 (3), (2 p.). — Description d'un four électrique mis au point pour l'Office des Recherches Navales américain. L'élément chauffant est constitué par un tube fait d'une tôle roulée de molybdène de 0,127 mm d'épaisseur. Les éprouvettes à traiter sont suspendues dans ce four cylindrique vertical, généralement sous atmosphère inerte constituée par du gaz d'argon très pur. Sur une longueur de 22 cm, on a enregistré des écarts de température compris entre 2,7° C et 2200° C.

D. Y. G.

CORROSION ET PROTECTION

Protection du fer par les peintures. *Werkstoff und Korrosion*, janvier 1952 (6 p.). — L'auteur étudie différentes sortes de peintures anti-rouille, ainsi que leurs propriétés chimiques et rhéologiques. Il s'attache aux différences entre les peintures ordinaires et les anti-rouille : constituants (pigments et liants), utilisation de l'huile de lin, réactions entre pigments et liants, formations de savons de plomb et de zinc et analyse des pellicules colorées avec des pigments basiques et neutres. Il étudie les propriétés physiques des pigments, leur indice d'huile et leur effet passivateur, ainsi que l'effet dépolarisant et oxydant des miniums de plomb. Il s'attache au comportement d'un élément Fe/C en présence de minium, la tension qui en résulte et l'amélioration du fer, ainsi qu'aux questions relatives au traitement préalable de la surface, au dépôt formé par les peintures, aux tensions observées dans les films et termine par une liste des pigments anti-rouille utilisés habituellement à côté du minium de plomb.

D. Y. G.

OUTILS ET OUTILLAGE

Dessin des poinçons en carbures. *Machinery*, décembre 1951, n° 12 (7 p.). — Les auteurs passent en revue les principaux facteurs commandant les projets de poinçons en carbures pour le travail à la presse. Ils donnent des formules pour déterminer la pression d'estampage et les forces de compression auxquelles sera soumis le poinçon, ce qui permet de choisir la qualité de carbure requise. Ils décrivent les diverses manières de fixer le carbure au corps du poinçon, ainsi que l'usinage et l'entretien de l'outil.

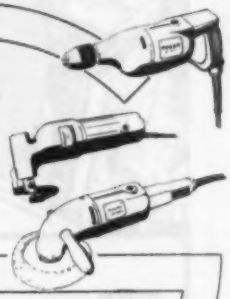
D. Y. G.

Problèmes relatifs aux plaquettes de carbure et à leur mise en œuvre, *Werkstattstechnik und Maschinenbau*, novembre 1951 (édition spéciale sur les carbures). — Plusieurs auteurs présentent diverses études sur la préparation des outils à carbure rapporté et sur leur mise en œuvre. Parmi les communications, on peut relever, outre celles relatives aux emplois bien connus sur les tours, comme pour le perçage ou le rabotage, et en général dans tous les cas où il y a enlèvement de métal, l'emploi des carbures pour les outils travaillant par déformation et les économies en résultant. Utilisés tout d'abord pour le tréfilage, on les trouve maintenant dans le poinçonnage, l'étirage, le matriçage, le refoulement, l'extrusion, le cisaillage, etc. Ils peuvent être montés par soudure, frettage, serrage, sertissage, avec des précautions spéciales, fournissant une durée utile souvent vingt fois plus longue que celle des outils en acier. Une autre communication traite des difficultés à vaincre pour la soudure des plaquettes sur les corps d'outils, en raison des différences de dilatation. Cette soudure sera exécutée de préférence par haute fréquence pour réduire au minimum le temps d'échauffement. L'auteur insiste également sur les précautions à prendre à l'affûtage en raison des températures élevées pouvant être atteintes et amenant des tensions internes génératrices éventuelles de criques ou de ruptures brutales. Les meules au diamant sont préférables aux meules au carbure de silicium.

D. Y. G.

OUTILLAGE ELECTRIQUE MICOX

PERCEUSES
MEULEUSES
VISSEUSES
BOULONNEUSES
CISAILLES
GRIGNOTEUSES
TARAUDEUSES
PONCEUSES
LUSTREUSES
MACHINES A MEULER
RECTIFIEUSES AMOVIBLES
ELECTRO-POMPES
ELECTRO-VENTILATEURS

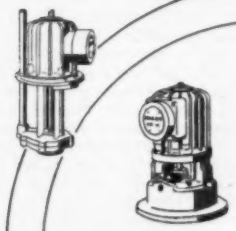


Demandez la Documentation P-501

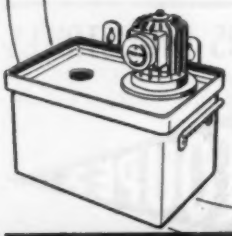
MICOX

GENDRON FRERES - SOCIETE ANONYME
37, RUE COLIN, VILLEURBANNE (RHONE) V. 84-76 et 77

OUTILLAGE ELECTRIQUE MICOX



ÉLECTRO-POMPES D'ARROSAGE POUR MACHINES - OUTILS



Demandez la Documentation

MICOX

P-580

GENDRON FRERES - SOCIETE ANONYME
37, RUE COLIN, VILLEURBANNE (RHONE) V. 84-76 et 77

Ce qui se publie à l'étranger

SOUDAGE ET OXYCOUPAGE

Soudure par résistance. — *Sheet Metal Industries*, déc. 1951 (10 p., 9 fig.). — Conférence faite le 2 novembre 1951 au Congrès de Londres de l'Association des utilisateurs de tôles et feuillards. L'auteur expose les derniers perfectionnements de la soudure par résistance pour les aciers et pour les alliages légers : soudure par points, soudure de goujons, etc. Il en étudie les divers points concernant les variations de courant, les électrodes, la pression appliquée, la durée de chaque opération, la préparation des surfaces. Des tableaux donnent les analyses des aciers courants et spéciaux, soit en Martin, soit en Bessemer basique, à haute ou faible teneur en azote, les propriétés mécaniques de base et la résistance des soudures obtenues, etc... D. Y. G.

TRAVAIL PAR DÉFORMATION

Mise en forme et travail du tube de nickel sans soudure. *Machinery*, décembre 1951, n° 12 (6 p.). — L'*International Nickel C°* donne des recommandations pour le filetage, le cintrage et l'épanouissement des tubes sans soudure en nickel ou en alliages en haute teneur en Ni, comme le métal Monel ou l'Inconel. L'auteur donne d'intéressantes suggestions pour le filetage à la filière ou au peigne. Le cintrage à froid peut être fait de trois manières : 1°) Sans mandrin, ni remplissage intérieur ; 2°) Avec mandrin intérieur ; 3°) Avec remplissage intérieur au moyen d'une matière déformable comme le « Cerrobend » ou la « Cerrobase ». Le cintrage à chaud doit être réservé aux tubes de 54 mm de diamètre et au dessus, avec remplissage au sable. Ce dernier ne doit pas contenir de soufre. On procédera à un essai préalable de cintrage pour vérifier la qualité d'un sable avant de lancer une série. D. Y. G.

USINAGE

Nouvelle méthode d'usinage. *Iron and Steel Engineer*, oct. 1951 (3 p.). — Description d'une méthode d'usinage de toute matière conductrice par utilisation directe de l'énergie électrique. L'étincelle n'affecte en rien les propriétés physiques ou chimiques du matériau et agit mécaniquement et non thermiquement en raison de la forte densité de courant utilisée. Les particules métalliques se détachent par le choc sans qu'il y ait fusion. Le fini et la précision obtenus sont comparables avec les plus beaux travaux exécutés avec un outil à carbure rapporté. Le procédé, mis au point aux Etats-Unis, a été présenté à Philadelphie sous le nom de *Méthode X*. D. Y. G.

La reproduction au tour. *American Machinist*, décembre 1951, (24 p., 60 fig.). — L'auteur étudie un certain nombre de dispositifs de reproduction au tour, soit par des montages sur machines existantes, soit avec des machines spécialement étudiées pour la reproduction. Le système originel était manuel et a fait place aux dispositifs modernes de palpeurs automatiques qui, par des commandes électriques ou électroniques, ou bien par moyens pneumatiques ou hydrauliques, agissent sur le porte-outil. La commande par palpeur permet d'éviter d'avoir recours à des outils de forme délicats. Une abondante série de clichés permet de suivre les explications données, offrant des exemples concrets de multiples applications. D. Y. G.

L'OUTILLAGE A CONCRÉTIONS DIAMANTÉES
DE QUALITÉ

DIAMANT BOART
BRUXELLES

" TOUTES LES MEULES D'AFFUTAGE ET DE RECTIFICATION "
" DISQUES FORETS "

est désormais distribué exclusivement
en France, Union Française, Pays de Protectorat par

DIAMANT BOART FRANCE

S. A. au capital de 24.000.000 de francs
180, Boulevard Haussmann — PARIS
Téléphone : WAG. 63-44 — Adresse Télégraph. : DIABOFRA - Paris
Atelier, Salle d'essai et démonstration à Saint-Ouen (Seine)

INFINIMENT POSITIF P.I.V. VARIABLE

P.I.V. P.I.V.

VARIATEURS DE VITESSE

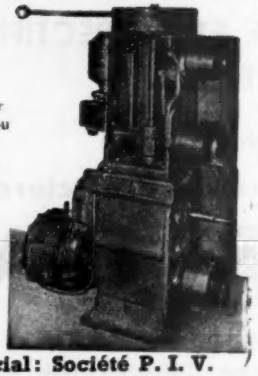
Toutes vitesses toutes puissances jusqu'à 25 CV

Adaptation facile sur machines anciennes ou modernes

ABSENCE DE GLISSEMENT

GROUPES VARIATEURS DIFFERENTIELS

REDUCTEURS



Siège social : Société P. I. V.
260, Rue Fr. de Pressensé, LYON VILLEURBANNE
Tél. : Villeurbanne 84-42 et 43

P.I.V. P.I.V. P.I.V.

FONDERIES **DEBARD**

ANNEAUX **TRUARC**

CIRCLIPS

Organes mécaniques de *sécurité* contre le déplacement axial de toutes pièces cylindriques

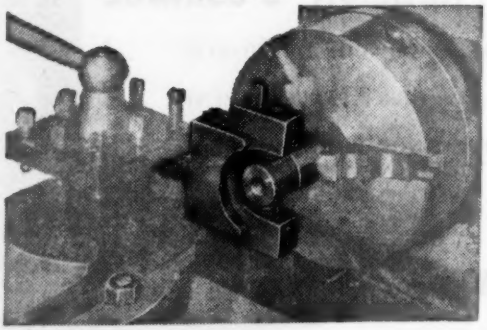
14 BIS, RUE ARISTIDE-BRIAND LEVALLOIS (SEINE) PERESE 4-25 94

Le Moletage détériore vos Tours !...

Utilisez nos

Appareils à Moleter, Auto-Centreur équilibrés

Brevetés S. G. D. G.



MODÈLES

- ***Pour Tours Parallèles :*** aucun effort sur la pièce - aucune réaction ni sur la broche, ni sur la vis du chariot transversal - moletage droit au croisé avec les mêmes molettes - rapidité 3 fois plus grande - capacités : 3-25, 25-50, 50-75, 75-100, 100-150, 150-200.
- ***Pour Tours Automatiques et Révolvers :*** capacité : 3-25, 25-50.
- ***A main :*** capacité : 10-100

116, Rue A. France
LEVALLOIS-PERRET (Seine)

M. VIERGE
Constructeur

Tél. : PER. 02-02
R. C. Seine 321-484

A. T. M.

LES APPLICATIONS DE LA TECHNIQUE MODERNE

10, rue Jacquemont — PARIS 17e — MARcadet 48-98

Tous les appareils de Contrôles Spéciaux

Contrôle stroboscopique : Vitesse, mouvement, vibrations, équilibrage, photo ultra-rapide.

Contrôle non destructif et qualitatif des métaux magnétiques et non magnétiques.

Contrôle d'épaisseur des métaux et d'autres matières, avec : accès d'une seule face ; accès des deux faces ; sans y toucher ; Epaisseur des revêtements.

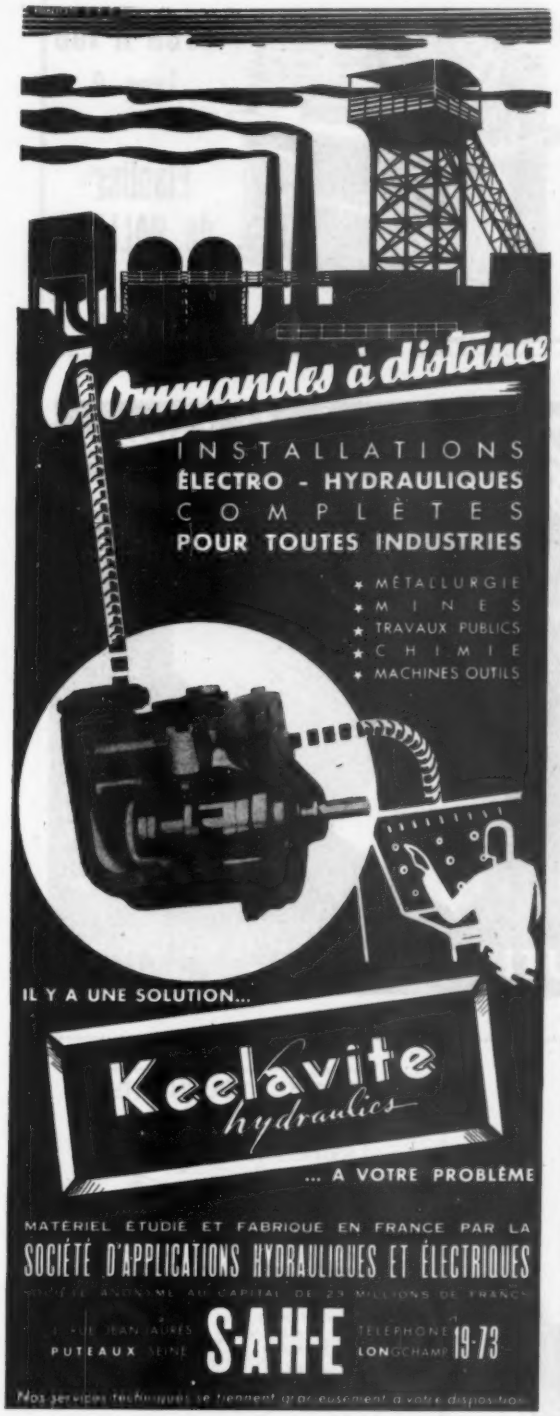
Contrôle et reconnaissance des liquides conducteurs et organiques.

Contrôle d'humidité sur papier, tissus et différents produits...

Contrôle température - hygrométrie - poids, etc...

ELECTRONIQUE - H.F. - B.F. - ULTRASONS - RAYONNEMENT

POSEZ-NOUS VOS PROBLÈMES DE CONTROLE NOUS VOUS PROPOSERONS L'APPAREIL QUI CONVIENT



BRONZE "CARO"

PHOSPHOREUX-ETIRE A FROID

TUBES EN STOCK

Pour finir à mm.	Dimens des tubes mm.	Poids des tubes kg/m.
8/11	7,7/11,3	0,48
8/12	7,6/12,3	0,65
8/14	7,4/14,3	1,05
10/13	9,7/13,3	0,58
10/14	9,6/14,3	0,78
10/15	9,5/15,3	1 »
10/16	9,4/16,3	1,24
10/18	9,2/18,3	1,75
10/20	9 /20,3	2,31
12/15	11,7/15,3	0,48
12/16	11,6/16,3	0,91
12/18	11,4/18,3	1,43
12/20	11,2/20,3	2 »
12/22	11 /22,3	2,62
14/17	13,7/17,3	0,78
14/18	13,6/18,3	1,04
14/20	13,4/20,3	1,62
14/22	13,2/22,3	2,25
14/24	13 /24,3	2,93
15/18	14,7/18,3	0,83
15/19	14,6/19,3	1,11
15/20	14,5/20,3	1,40
15/25	14 /25,3	3,10
16/19	15,7/19,3	0,88
16/20	15,6/20,3	1,18
16/22	15,4/22,3	1,80
16/24	15,2/24,3	2,50
16/26	15 /26,3	3,25
16/28	14,8/28,3	4,07
16/30	14,6/30,3	4,92
18/21	17,7/21,3	0,98
18/22	17,6/22,3	1,30
18/24	17,4/24,3	2 »
18/26	17,2/26,3	2,77
18/28	17 /28,3	3,57
18/30	16,8/30,3	4,43
18/32	16,6/32,3	5,37
20/23	19,7/23,3	1,08
20/24	19,6/24,3	1,45
20/25	19,5/25,3	1,81
20/26	19,4/26,3	2,20
20/28	19,2/28,3	3 »
20/30	19 /30,3	3,88
20/32	18,8/32,3	4,78
22/25	21,7/25,3	1,18
22/26	21,6/26,3	1,57
22/28	21,4/28,3	2,39
22/30	21,2/30,3	3,27
22/32	21 /32,3	4,20
22/34	20,8/34,3	5,20
22/36	20,6/36,3	6,23
24/27	23,7/27,3	1,28
24/28	23,6/28,3	1,70
24/30	23,4/30,3	2,58
24/32	23,2/32,3	3,52
24/34	23 /34,3	4,52
24/36	22,8/36,3	5,56
25/30	24,5/30,3	2,22
25/32	24,3/32,3	3,16
25/35	24 /35,3	4,67
25/40	23,5/40,3	7,55
26/30	25,6/30,3	1,83
26/32	25,4/32,3	2,78
26/34	25,2/34,3	3,77
26/36	25 /36,3	4,80
26/40	24,6/40,3	7,10
28/32	27,6/32,3	1,97
28/34	27,4/34,3	2,98
28/36	27,2/36,3	4,04
28/38	27 /38,3	5,15
28/40	26,8/40,3	6,32
30/34	29,6/34,3	2,10
30/35	29,5/35,3	2,62
30/36	29,4/36,3	3,16
30/38	29,2/38,3	4,28
30/40	29 / 40,3	5,46
30/42	28,8/ 42,3	6,68
30/45	28,5/ 45,3	8,65
32/38	31,4/ 38,3	3,35
32/40	31,2/ 40,3	4,54
32/42	31 / 42,3	5,77
32/44	30,8/ 44,3	7,07
32/50	30,2/ 50,3	11,28
34/40	33,4/ 40,3	3,55
34/42	33,2/ 42,3	4,80
34/44	33 / 44,3	6,09
35/40	34,5/ 40,3	3,05
35/42	34,3/ 42,3	4,26
35/45	34 / 45,3	6,25
35/50	33,5/ 50,3	9,82
35/55	33 / 55,5	13,89
36/44	35,2/ 44,3	5,04
36/46	35 / 46,3	6,42
36/50	34,6/ 50,3	9,32
38/46	37,2/ 46,3	5,30
38/48	37 / 48,3	6,73
38/50	36,8/ 50,3	8,20
40/45	39,5/ 45,3	3,44
40/46	39,4/ 46,3	4,12
40/48	39,2/ 48,3	5,50
40/50	39 / 50,3	7,04
40/52	38,8/ 52,5	8,57
40/55	38,5/ 55,5	11,10
40/60	38 / 60,5	15,45
45/50	44,5/ 50,3	3,83
45/52	44,3/ 52,5	5,38
45/55	44 / 55,5	7,98
45/60	43,5/ 60,5	12,35
45/65	43 / 65,5	17 »
50/55	49,5/ 55,5	4,38
50/60	49 / 60,5	8,79
50/62	48,8/ 62,5	10,65
50/65	48,4/ 65,5	13,45
50/70	48 / 70,5	18,55
55/65	54 / 65,5	9,60
55/68	53,5/ 68,5	12,75
55/70	53,3/ 70,5	14,85
55/75	52,5/ 75,5	20,10
60/70	58,8/ 70,5	10,55
60/75	58,3/ 75,5	16,05
60/80	57,5/ 80,5	22,10
65/75	63,8/ 75,5	1[illegible],5
65/80	63,2/ 80,5	17,10
65/85	62,5/ 85,5	23,70
70/80	68,8/ 80,5	12,20
70/85	68,3/ 85,5	18,40
70/90	67,5/ 90,5	25,30
75/85	73,8/ 85,5	13 »
75/90	73,3/ 90,5	19,65
75/95	72,5/ 95,5	26,90
80/90	78,7/ 95,5	20,85
80/95	78,2/ 95,5	20,85
80/100	77,5/100,8	28,90
85/95	83,7/ 95,5	14,65
85/100	83,2/100,8	22,35
85/105	82,5/105,8	30,50
90/100	88,7/100,8	15,90
90/105	88,2/105,8	23,70
90/110	87,5/110,8	32,20
100/110	97,6/111,5	20,20
100/120	96,3/121,5	38,10
110/120	107,6/121,5	22,20
110/130	106,3/131,5	41,70
120/130	117,6/131,5	24,10
120/140	116,3/141,5	45,20
130/140	127,3/141,5	26,60
130/150	126 /151,5	49,20
140/150	137,3/151,5	28,60
140/160	136 /161,5	52,70

APPLICATIONS : ARBRES, etc. FOURRURES BUSELURES DOUILLES

APPLICATIONS : BAGUES CHEMISES SEGMENTS GUIDES

BARRES EN STOCK

2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28
29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-45-50-55-60-65-70-75-80 m/m.

Alliage et caractéristiques mécaniques :
Conformes aux normes
AFNOR : U-E 9 P
SNCF. : C1

CAROBRONZE

S.A.R.L. au capital de 10 000.000 de Francs
34, Rue Poncelet - PARIS (17e)
Tél. : CARnot 16-03

RÉDUCTEURS
A VIS SANS FIN
A VIS EN DESSUS
A VIS EN DESSOUS
A ARBRE LENT VERTICAL
COMBINÉS A GRANDS RAPPORTS
MANCHONS ÉLASTIQUES
ET RIGIDES
RÉDUCTEURS A ENGRENAGES
A DENTURE HÉLICOIDALE
ATELIERS DE CONSTRUCTION MÉCANIQUE
H. BOUR & FILS

TOUR H 130
Type A
Hauteur de pointe 130
Etablissts
de VALLIERE
100, Rue de Paris
BOULOGNE (Seine)

BROCHE UNIVERSELLE "EXCELSIOR"
A GRANDE VITESSE
Breveté S.G.D.G
pour fraisage rectification
ADAPTABLE A TOUS TYPES DE FRAISEUSES POUR L'EXECUTION DE TRAVAUX DE PRECISION
Outillage BAVOILLOT
258, RUE BOILEAU, LYON 3e
MAISON DE VENTE
60, RUE J.P. TIMBAUD, PARIS 11e OBEkampf. 58-96

Outils de tours à mises rapportées en carbure
.Outils standards
.Outils sur plan
.Montage à façon
.Outils de raboteuses
.Outils pour machines genre CRIDAN
.Outils pour Tours G.F. et G. Tempadoire
.Grains d'alesages
OUTIAC - ATELIERS 15, Rue Jules Ferry
COURBEVOIE

OUTILLAGE
GVR
Usine et Bureaux : 7, rue Paul Doumer, GOURNAY-sur-MARNE
(Seine-et-Oise)

POINTE TOURNANTE
"VITA"
A RATTRAPAGE DE JEU
POUR POUPEE MOBILE DE
TOURS et de RECTIFIEUSES
ETABLISSEMENTS
HIARD
S.A.R.L.
58, Avenue de Choisy
PARIS (XIIe)
GOB. 37-81
NOUS FABRIQUONS
EGALEMENT
TARAUDS ET ALESOIRS POUR
ENTRETOISES
COUPET-TUBES ET DUDGEONS
A MAIN ET AU MOTEUR

un pas en avant dans le réglage précis de la vitesse

- VITE + VITE

VARIATEUR DE VITESSE

F.U

Service Commercial COMPTOIR COMMERCIAL D'USINES
SOCIÉTÉ DES FABRICATIONS UNICUM
35, Rue de la Bienfaisance, PARIS VIII LAB. 1564
Usines à St ÉTIENNE (Loire)

tubes à gaz L.C.T.

téléguidage
télécontrôles
télécommandes
servo-mécanismes
électronique industrielle

Laboratoire Central de Télécommunications
96 AVENUE DE SAINT-OUEN
PARIS - VII

SYDÉRIC

PERCEUSES - TARAUDEUSES

S.T-20

PERCEUSES • PERCEUSES-FRAISEUSES • TARAUDEUSES • SCIES A RUBANS • ETC

SYDÉRIC - 29, Crs A.-Briand, LYON - St-Clair

EN VENTE CHEZ TOUS LES RÉDOCIANTS EN MACHINES-OUTILS

Foire de Lyon 1952 — Palais de la Mécanique — Stand 282

L'expérience de la Machine-Outil au service de l'Outillage

SOMUA

FORETS
FRAISES
ALÉSOIRS
COUTEAUX MAAG

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 420 MILLIONS DE FRANCS

BUREAUX ET USINES :

170, Boulevard Victor-Hugo — SAINT-OUEN (Seine)

Télégrammes : SOMUA-SAINT-OUEN-sur-SEINE Téléphone : CLignancourt 13-10

N° d'Identification I. N. S. — 213 75.070 0.C11 R. C. SEINE 79.014

INFORMATIONS

La participation étrangère à la prochaine Foire de Lyon

La prochaine Foire de Lyon se tiendra du 19 au 28 avril. Elle sera notamment caractérisée par un accroissement de la participation étrangère.

Comme de coutume, les étrangers seront classés non pas en participations nationales collectives, mais chacun dans son groupe professionnel.

Allemagne : Machines pour toutes industries, tracteurs, outillage, appareils de mesure et de précision, matériel frigorifique, automobile, fonderie.

Autriche : Tours automatiques, articles d'optique, etc...

Belgique : Matériel de chemin de fer, soudure à l'arc, etc...

Danemark : Machines textiles.

(Voir la suite page XXVIII)

DIAMANTS

MEULES DIAMANTÉES

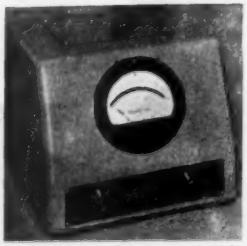
MARQUE DEPOSÉE **"DIAMAX"**

Ets Jacques DE JONG 2, Rue Turgot
Téléphone TRUDAINE 62 91 PARIS 9e

FINITION DES ALESAGES
HONING... GLAÇAGE
CONSULTEZ
OUTILLAGE et TRAVAUX
4, Pl. de Rennes PARIS 6e BAB 16-63

Ets TRUBA

STROBOSCOPES OEHMICHEN



Observation en plein jour

Possibilité de mesure des fréquences

Vision directe des vibrations

Lumière blanche conservant les couleurs et permettant la photo

Cet appareil facilement transportable est conçu pour être utilisé par un personnel non spécialisé

LA PRÉCISION SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE, 48, rue de Londres, Paris (8e) - Téléphone Eur. 35-56

Vous faites de grandes séries ?
Nos calibres réglables sont inusables

Vous faites de petites séries ?
Nos calibres inusables sont réglables

G. B. G.

30, Rue Eugène-Caron, COURBEVOIE - Tél. : DEF. 17-26
(Anciens Etablissements GAUBAN)

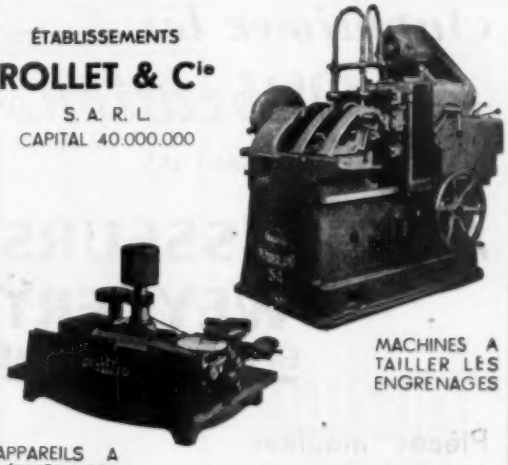
MICOX

GENDRON FRERES S. A.
37, RUE COLIN, VILLEURBANNE (RHONE)
24 RUE DE LONDRES PARIS - 9e

MICOX

GENDRON FRERES S. A.
37, RUE COLIN, VILLEURBANNE (RHONE)
24 RUE DE LONDRES PARIS - 9e

ÉTABLISSEMENTS
ROLLET & Cie
S. A. R. L.
CAPITAL 40.000.000



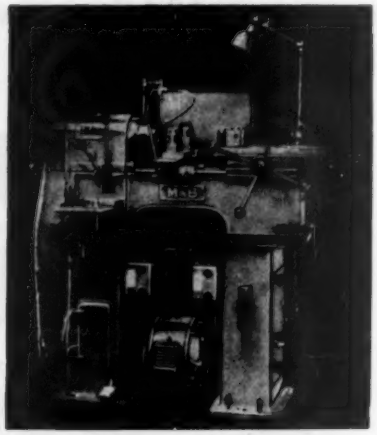
MACHINES A TAILLER LES ENGRENAGES

APPAREILS A VÉRIFIER LES ENGRENAGES

SIÈGE SOCIAL : 64, rue de la Folie-Méricourt.
PARIS-XIe Tél. ROQ 80-42

USINES à Paris, 27, rue Trousseau, Tél. VOL 03-60
à VENDOME (L.-&-C.), rue du 20e-Chasseurs, Tél. 345

TOUR DE REPRISE
MODELE TR 1

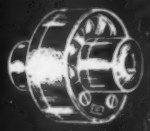


SERRAGE PAR PINCE..... 26 m/m
ALIMENTATION AUTOMATIQUE 20 m/m
12 VITESSES DE 180 A 3.780 T/M

MALICET ET BLIN

103, AV. DE LA RÉPUBLIQUE - AUBERVILLIERS (Seine)
TÉL. : FLANDRE 23-30 ADR TÉLÉGR. : MAB-AUBERVILLIERS

ACCOUPLEMENT ÉLASTIQUE



Flex-Hol
A SPHÈRES DE CAOUTCHOUC

- La plus grande flexibilité.
- Le plus grand déplacement angulaire.
- Pour toutes puissances.
- Silencieux et antivibrant fonctionnant à sec.
- Dimensions réduites.
- Montage et démontage simplifiés.

ROBERT POUILLE & Cie
INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR A.-ET-M.
71-73, RUE JEAN-JAURÈS — ARMENTIÈRES (Nord).

Supprimez les Vibrations
EN UTILISANT LES
AMORTISSEURS WEYDERT
EN CAOUTCHOUC ARMÉ

Pièces moulées
Caoutchoucs spéciaux moulés
Caoutchouc adhérant au métal

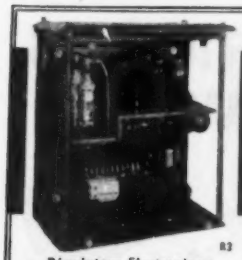
17, rue Jean-Jaurès, 17 — PUTEAUX

PRATIQUE ET PRÉCIS !
LE
MANUDUROMÈTRE
Système Ernst Breveté S.G.D.G.

APPAREIL PORTATIF A LECTURE DIRECTE
CONTROLE DES DURETÉS DES MÉTAUX
TYPE L - 40 A 200 BRINELL
TYPE S - 100 A 400 BRINELL
TYPE H - 35 A 70 ROCKWELL C.

LAT
OUTILLAGE SPÉCIAL
20 bis, Rue de l'Hôtel de Ville - NEUILLY-SUR-SEINE - Tél. : MAI 71-92
SERVICE MÉTROLOGIE

Demandez notre documentation P 121



Tous réglages automatiques électroniques

— Régulateur Electronique —
de 100 W à usages multiples
Type TR - 101

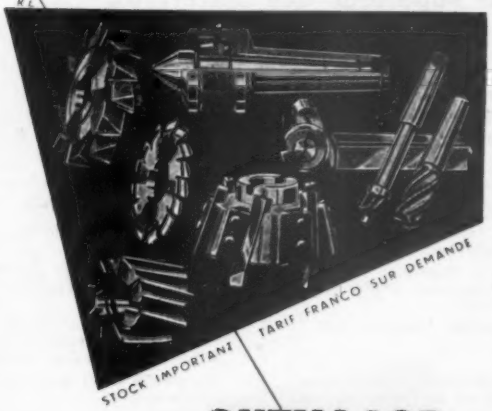
S.M.E. réalise les installations complètes y compris les moteurs de toutes puissances et l'appareillage automatique.

S.M.E. groupe les éléments construits en série par un Consortium d'usines de matériel électrique.

Leur organisation et leur longue expérience sont un sûr garant de la perfection des installations **S.M.E.** qui ajoutent à la sécurité d'emploi du matériel classique, les possibilités les plus modernes de l'électronique.

SME **SOCIÉTÉ DES SERVOMÉCANISMES ÉLECTRONIQUES**
200, r. de Paris, PANTIN (S.) - VIL. 92-50
SFIPE N° 134

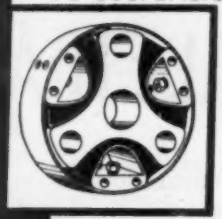
FRAISES EN ACIER RAPIDE - OUTILLAGE A LAMER
PORTE-MOLETTES A FILETER - POINTES TOURNANTES

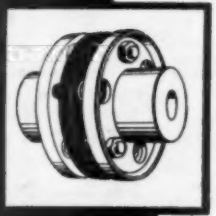


OUTILLAGE BAVOILLOT

DIRECTION & USINES 258 RUE BOILEAU LYON 3e ★ MAISON DE VENTE 60 RUE J.P. TIMBAUD PARIS 11e

LA TECHNIQUE
PAULSTRA
RÉSOUT TOUS LES PROBLÈMES D'ACCOUPLEMENT ÉLASTIQUE ET DE SUSPENSION ANTIVIBRATOIRE

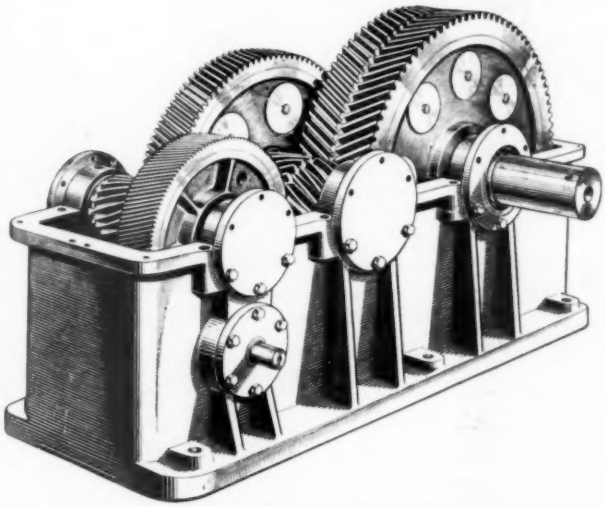




USINES

9, RUE HAMELIN, PARIS-16e
KLÉ: 19-70

Belgique et Bénélux : MECAFLEX
213, rue du Trône - BRUXELLES



PIAT

PALIERS - POULIES - EMBRAYAGES

REDUCTEURS DE VITESSE
A VIS ET A ENGRENAGES

ENGRENAGES TOUTES DENTURES
TOUTES DIMENSIONS - TOUS METAUX
FOURNITURE COMPLETE - TAILLAGE SEUL

CONSTRUCTION MECANIQUE

PIECES JUSQU'A 20 TONNES, EN FONTE
BRUTES OU USINEES

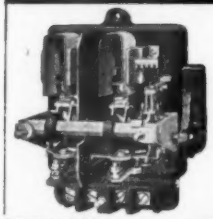
FONTES SPECIALES - ACIER MOULE

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE FONDERIE

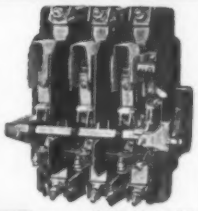
Département Pièces Mécaniques à SOISSONS (Aisne) Tél. : 60
Siège Social : 8, Place d'Iéna — PARIS - 16e
Tél. : Kléber 34.00

SGF

L'INTERRUPTEUR-DISJONCTEUR
CHANDOS



S'impose pour la protection des installations électriques



TYPE LUMIÈRE
POUR LA PROTECTION DE CIRCUITS DE LUMIÈRE ET DE CHAUFFAGE

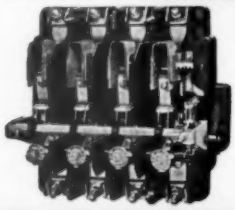
TYPE LUMIÈRE
Série normale
BIPOLAIRE
à coupure sur les 2 pôles

TYPE LUMIÈRE
Série renforcée
TRIPOLAIRE
à coupure sur les 3 pôles

CHANDOS

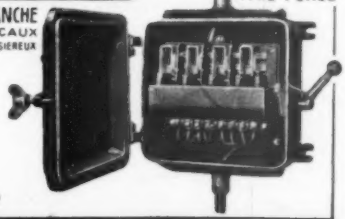
TYPE FORCE
Série normale
TÉTRAPOLAIRE
à coupure sur les 4 pôles

SÉRIE ÉTANCHE
TYPE LUMIÈRE
ET
TYPE FORCE



TYPE FORCE
POUR PROTECTION
DE MOTEURS

SÉRIE ÉTANCHE
POUR LOCAUX
HUMIDES & POUSSIÉREUX



SÉCURITÉ
SIMPLICITÉ & ROBUSTESSE
POUVOIR DE COUPURE ÉLEVÉ

DEMANDEZ NOTRE CATALOGUE GÉNÉRAL 1950

APPAREILLAGE ÉLECTRIQUE CHANDOS 47, R. d'Arthelon, MEUDON (S.&O.) TÉL. OBS. 16-40

Le Gérant : F. DUNOD 92, rue Bonaparte, Paris 6e. — Imp. Générale du Centre, 129, r Bergson, St-Etienne 16, rue Pigalle, Paris - (9e)
IMPRIME EN FRANCE 2e Trimestre 1952 N° 2354 — Dépôt légal 1000